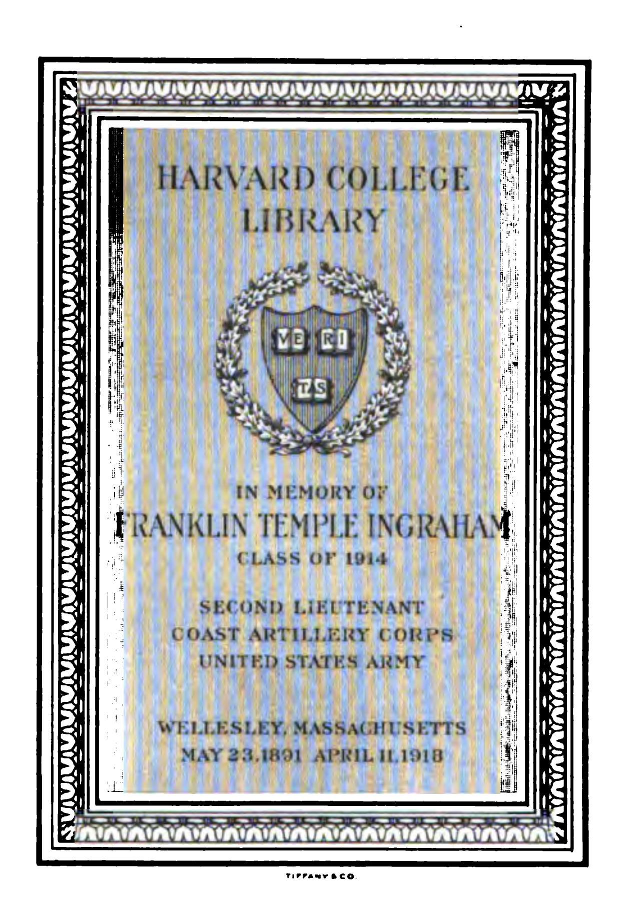

HARVARD COLLEGE
LIBRARY
VE RI TAS
IN MEMORY OF
FRANKLIN TEMPLE INGRAHAM
CLASS OF 1914
SECOND LIEUTENANT
COAST ARTILLERY CORPS
UNITED STATES ARMY
WELLESLEY, MASSACHUSETTS
MAY 23, 1891 APRIL 11, 1918

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

Unter der besonderen Mitwirkung

von

Dr. E. Mach,
Professor an der Universität zu Wien

und

Dr. B. Schwalbe,
Professor und Direktor des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums zu Berlin

herausgegeben

von

Dr. F. Poske.

Zehnter Jahrgang

1897.

Mit zahlreichen Textfiguren und einer astronomischen Tafel.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1897.

Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Inhalts-Übersicht.

* bedeutet ‚Kleine Mitteilung'. Die mit kleinerer Schrift und in fortlaufendem Text aufgeführten Titel beziehen sich auf Berichte, die davor gesetzten Ziffern auf die entsprechenden Unterabteilungen der Berichte.

Allgemeines.

Himmelskunde und astronomische Geographie.

Physik.

1. Mechanik der drei Aggregatzustände.

Seite
. 248
. 283
hnen der
O. Kri-
258.
n M.
. . 14
. . 31
. . 92
. . 92
87
2
72

Chemie.

Chemie.

Chemie.

Chemie.

Chemie.

Seite

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Programm-Abhandlungen.

Versammlungen und Vereine.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Correspondenz.

An den Berichten haben mitgearbeitet die Herren K. Haas (Wien), H. Hahn-Machenheimer (Berlin), H. Jahn (Berlin), K. Jahn (Kronstadt), O. Ohmann (Berlin), E. Schenck (Berlin), J. Schiff (Breslau), P. Spies (Berlin), B. Schwalbe (Berlin).

Bei der Redaktion des Jahrganges hat Herr O. Ohmann mitgewirkt.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

X. Jahrgang. Erstes Heft. Januar 1897.

Über Gedankenexperimente.

Von

E. Mach.

Wenn wir beobachten, wie ein Kind, welches die erste Stufe der Selbstständigkeit erreicht hat, die Empfindlichkeit seiner eigenen Glieder prüft, wie es von seinem Spiegelbilde oder von seinem eigenen Schatten in hellem Sonnenschein befremdet, durch Bewegungen die Bedingungen desselben zu ermitteln sucht, so müssen wir sagen, dafs die instinktive Neigung zum Experimentieren dem Menschen angeboren ist, und dafs er ebenso die Grundmethode des Experimentes, die Methode der Variation, ohne viel nach derselben zu suchen, in sich vorfindet. Wenn diese Schätze dem Erwachsenen zeitweilig wieder abhanden kommen, und so zu sagen neu entdeckt werden müssen, so wird dies dadurch verständlich, dafs dieser meist für einen engeren Interessenkreis durch die Gesellschaft erzogen, in denselben gebannt ist, und gleichzeitig eine Menge fertiger und vermeintlich über die Prüfung erhabener Ansichten, um nicht zu sagen Vorurteile, übernommen hat[1]). Aber aufser dem eigentlich sogenannten physischen Experiment giebt es noch ein anderes, welches auf höherer intellektueller Stufe in ausgedehntem Mafse geübt wird, das Gedankenexperiment.

Der Projektenmacher, der Erbauer von Luftschlössern, der Dichter socialer oder technischer Utopien experimentiert in Gedanken. Aber auch der solide Kaufmann, der ernste Erfinder oder Forscher thut dasselbe. Alle stellen sich Umstände vor, und knüpfen an diese die Vorstellung, Erwartung, Vermutung gewisser Folgen, sie machen eine Gedankenerfahrung. Während aber die ersteren in der Phantasie Umstände combinieren, die in Wirklichkeit nicht zusammentreffen, oder diese Umstände von Folgen begleitet denken, welche nicht an dieselben gebunden sind, werden letztere, deren Vorstellungen gute Abbilder der Thatsachen sind, in ihrem Denken der Wirklichkeit sehr nahe bleiben. Auf der mehr oder weniger genauen unwillkürlichen Abbildung der Thatsachen in unsern Vorstellungen beruht ja die Möglichkeit der Gedankenexperimente. So wie wir in der Erinnerung die Schläge einer Uhr noch zählen können, wenn dies während des Schlagens versäumt wurde, wie wir an dem Nachbild einer Lampe noch Einzelheiten wahrnehmen können, die uns bei unmittelbarer Betrachtung entgangen sind, wie wir in der Erinnerung einen Zug entdecken können, der uns den bisher verkannten Charakter eines Menschen plötzlich entschleiert, so können wir auch in unserer Erinnerung noch neue bislang unbemerkte Eigenschaften von physikalischen Thatsachen auffinden, oder Entdeckungen machen.

[1]) Auch junge Tiere kann man experimentieren sehen, nur ist der Interessenkreis derselben ein ungemein beschränkter. Eine junge Katze untersucht neugierig ihr Spiegelbild, wird aber sofort gleichgültig, sobald sie merkt, dafs dasselbe keine wirkliche Katze ist. Kluge Pferde sah ich durch Stampfen sorgfältig einen bedenklichen Steg untersuchen.

Unsere Vorstellungen haben wir leichter und bequemer zur Hand als die physikalischen Thatsachen. Wir experimentieren mit den Gedanken, so zu sagen mit geringeren Kosten. So dürfen wir uns also nicht wundern, dafs das Gedankenexperiment vielfach dem physischen Experiment vorausgeht, und das letztere vorbereitet. So sind ja die physikalischen Untersuchungen des Aristoteles grofsenteils Gedankenexperimente, in welchen die in der Erinnerung, und namentlich in der Sprache, aufbewahrten Erfahrungsschätze verwertet werden. Das Gedankenexperiment ist aber auch eine notwendige Vorbedingung des physischen Experimentes. Jeder Erfinder, jeder Experimentator mufs die auszuführende Anordnung im Kopfe haben, bevor er dieselbe in die That übersetzt. Kennt Stephenson auch den Wagen, die Schienen, die Dampfmaschine aus der Erfahrung, so mufs er doch die Combination des auf Schienen ruhenden durch die Dampfmaschine getriebenen Wagens in Gedanken vorgebildet haben, bevor er an die Ausführung schreiten kann. Nicht minder mufs Galilei die Anordnungen zur Untersuchung der Fallbewegung in der Phantasie vor sich sehen, bevor er dieselben verwirklicht. Jeder Anfänger im Experimentieren erfährt, dafs ein ungenügender Voranschlag, Nichtbeachtung der Fehlerquellen u. s. w. für ihn nicht minder tragikomische Folgen hat, als das sprichwörtliche „vorgethan und nachbedacht“ im praktischen Leben.

Der Ausfall eines Gedankenexperimentes kann so bestimmt und entschieden sein, dafs dem Autor — mit Recht oder Unrecht — jede weitere Prüfung durch ein physisches Experiment unnötig scheint. Je schwankender, unbestimmter aber der Ausfall ist, desto mehr drängt das Gedankenexperiment zu dem physischen Experiment als seiner natürlichen Fortsetzung, welche nun ergänzend, bestimmend einzugreifen hat. Auf Fälle der letzteren Art kommen wir noch zurück. Hier sollen zunächst einige Beispiele der ersten Art betrachtet werden.

Es ist kein Zweifel, dafs das Gedankenexperiment die gröfsten Umwandlungen in unserm Denken einleitet, und die bedeutendsten Forschungswege eröffnet. Wenn auch die Erzählung von dem fallenden Apfel, die Euler noch als richtig annimmt, nicht buchstäblich zu nehmen ist, so waren es doch Gedankenprozesse, ganz ähnlich denjenigen, die Euler[2]) und auch Gruithuisen[3]) so vortrefflich darzulegen weifs, welche allmählich von der Auffassung des Copernicus zu jener Newtons übergeleitet haben, und die Elemente derselben lassen sich, wenn auch bei verschiedenen Personen und in weit von einander entlegenen Zeiten, sogar historisch nachweisen.

Der Stein fällt zur Erde. Lassen wir dessen Entfernung von der Erde wachsen. Wir müfsten uns Gewalt anthun, um diesem continuierlichen Wachstum eine Discontinuität der Erwartung entgegenzusetzen. Auch in der Entfernung des Mondes wird der Stein nicht plötzlich sein Fallbestreben verlieren. Der grofse Stein fällt so wie der kleine. Der Stein werde so grofs wie der Mond. Auch der Mond strebt zur Erde zu fallen. Der Mond möge wachsen, bis er so grofs wird wie die Erde. Nun würde unsere Vorstellung die zureichende Bestimmtheit verlieren, wenn wir annehmen wollten, dafs nur das Eine zum Andern gezogen wird, und nicht auch umgekehrt. Die Anziehung ist also gegenseitig. Sie bleibt aber auch gegenseitig bei ungleichen Körpern, denn der eine Fall geht in den andern continuierlich über.

Ein Stein fällt neben dem andern. Der Mond besteht aus Steinen; die Erde besteht aus Steinen. Jeder Teil zieht jeden andern an. Einflufs der Massen.

[2]) Euler, Lettres à une princesse d'Allemagne I. lettre, S. 52.

[3]) Gruithuisen, Die Naturgeschichte etc. München, 1810, S. 103.

Mond und Erde sind nicht wesentlich verschieden von andern Weltkörpern. Die Gravitation ist allgemein. Die Keplersche Bewegung ist eine Wurfbewegung, aber mit von der Entfernung abhängiger Fallbeschleunigung. Die Fallbeschleunigung ist überhaupt von der Entfernung abhängig. Die Keplerschen Gesetze sind nur ideale Fälle. Störungen.

Wie man sieht, ist die Grundmethode des Gedankenexperimentes, ebenso wie jene des physischen Experimentes, die Methode der Variation. Durch (wenn möglich continuierliche) Variation der Umstände wird das Geltungsbereich einer an dieselben geknüpften Vorstellung (Erwartung) erweitert, durch Modifikation und Spezialisierung der ersteren wird die Vorstellung modifiziert und spezialisiert, und diese Prozesse wechseln.

Betrachten wir einen andern Entwickelungsprozess. Körper von gleicher Temperatur ändern diese gegenseitig nicht. Der wärmere Körper A (eine glühende Eisenkugel) erwärmt den kälteren B (ein Thermometer) auch auf Distanz, durch Strahlung, z. B. bei dem Versuch mit conachsialen Hohlspiegeln. Setzt man mit Pictet statt A ein Blechkästchen mit einer Kältemischung, so wird B abgekühlt. Giebt es Kältestrahlen? Ist der neue Fall nicht derselbe wie der vorige, nur dafs A und B ihre Rolle getauscht haben? In beiden Fällen erwärmt der wärmere Körper den kälteren. Es sei A wärmer als B, die Temperaturen mögen dann gleich werden, und endlich nehme A eine niedrigere Temperatur als B an. Welcher Körper strahlt in dem Mittelfall dem andern Wärme zu? Ändert sich das Verhalten der Körper plötzlich beim Durchgang durch die Temperaturgleichheit? Beide Körper strahlen unabhängig von einander, und beide Körper nehmen unabhängig von einander auf. Bewegliches Wärmegleichgewicht (Prevost). Verschiedene Körper von gleicher Temperatur strahlen ungleiche Wärmemengen aus (Leslie, Rumford). Soll das bewegliche Gleichgewicht bestehen, so mufs der doppelt ausstrahlende auch doppelt aufnehmen. Die von Fourier und Kirchhoff aufgestellten Strahlungsgesetze werden gefunden, ndem jene Vorstellungen versuchsweise ermittelt werden, welche mit dem festgehaltenen „beweglichen Gleichgewicht" in Einklang stehen.

Analoge Reihen von Gedankenexperimenten, welche darauf hinauslaufen, dafs in Frage stehende Vorstellungen einer für zuverlässig angenommenen Auffassung versuchsweise angepafst werden, finden wir bekanntlich bei Stevin, Galilei und Huygens. Das in seinen Folgen grofsartigste Gedankenexperiment dieser Art ist wohl die Carnotsche Aufstellung, und die von Carnot befolgte Methode hat, seit James Thomson und William Thomson sich derselben zu bemächtigen wufsten, eine fast unerschöpfliche Fruchtbarkeit gezeigt.

Es wird von der Art und dem Ausmafs der aufgenommenen Erfahrung abhängen, ob ein Gedankenexperiment als solches mit einem bestimmten Ausfall zum Abschlufs gebracht werden kann. Der kältere Körper nimmt von dem berührten wärmeren Körper Wärme auf. Ein schmelzender oder siedender Körper befindet sich in diesem Fall, wird aber hierbei doch nicht wärmer. Hiernach ist es für Black nicht zweifelhaft, dafs die Wärme bei Umwandlung in Flüssigkeit oder Dampf „latent" wird. So weit reicht das Gedankenexperiment. Allein die Quantität der latenten Wärme kann Black nur durch das physische Experiment ermitteln, wenn dieses auch sogar in der Form sich an das Gedankenexperiment anschliefst. Die Existenz des mechanischen Äquivalentes der Wärme enthüllt sich R. Mayer und Joule durch Gedankenprozesse. Den Zahlenwert mufs Joule durch Experimente bestimmen, während Mayer sogar diesen, so zu sagen aus erinnerten Zahlen abzuleiten vermag.

Wenn ein Gedankenexperiment kein bestimmtes Ergebnis hat, d. h. wenn sich an die Vorstellung gewisser Umstände keine sichere eindeutige Erwartung eines Erfolges knüpft, so pflegen wir in der Zeit zwischen dem intellektuellen und dem physischen Experiment uns aufs Raten zu verlegen, d. h. wir nehmen versuchsweise eine nähere zureichende Bestimmung des Erfolges vor. Dieses Raten ist kein unwissenschaftliches Verfahren. Wir können vielmehr diesen natürlichen Vorgang an klassischen historischen Beispielen erläutern. Bei näherem Zusehen wird es uns sogar klar, dafs dieses Raten oft allein dem physischen Experiment, der natürlichen Fortsetzung des Gedankenexperimentes, die Form zu geben vermag. Bevor Galilei die Fallbewegung experimentell untersucht, von welcher er durch Überlegung nur weifs, dafs die Geschwindigkeit zunimmt, verlegt es sich aufs Raten. Durch die Prüfung der Annahme wird sein Experiment erst möglich. So zeigt sich auch die Richmannsche Mischungsregel als eine erratene und durch die experimentelle Prüfung bestätigte. Derartige Beispiele giebt es sehr viele.

Die Methode, den Erfolg einer gegebenen Versuchsanordnung erraten zu lassen, hat auch einen hohen didaktischen Wert. Ich hatte als Gymnasiast durch kurze Zeit einen Lehrer, der durch dieses Verfahren die Spannung der Aufmerksamkeit vorzüglich zu erhalten wufste, und auch bei einem andern tüchtigen Schulmann, Pisko, habe ich, bei Gelegenheit eines Besuches seiner Schule, dasselbe Verfahren beobachtet. Nicht nur der Schüler, sondern auch der Lehrer gewinnt ungemein durch diese Methode. Letzterer lernt hierbei seine Schüler besser als auf andere Weise kennen. Während einige auf das Nächstliegende raten, vermuten andere ungewöhnliche wunderbare Erfolge. Meist wird auf das Geläufige, associativ Naheliegende geraten werden. So wie der Sklave in Platons „Menon“ glaubt, dafs die Verdopplung der Quadratseite auch die Quadratfläche verdoppelt, wird man von dem Elementarschüler leicht hören, dafs die Verdopplung der Pendellänge die Schwingungsdauer verdoppelt, und der Fortgeschrittene wird weniger auffallende, aber analoge Mifsgriffe machen. Eben diese Mifsgriffe werden nach und nach das Gefühl für die Unterschiede des logisch, physisch und associativ Bestimmten oder Naheliegenden schärfen. Der Schüler wird lernen, das Erratbare vom überhaupt nicht Erratbaren zu trennen.

Das Experimentieren in Gedanken ist für die psychische Entwickelung ungemein wichtig, und es entsteht die Frage, wie dasselbe eingeleitet werden soll? So wie nun jede Bewegung, bevor dieselbe zu einer willkürlichen werden konnte, zufällig, etwa als Reflexbewegung, eintreten musste, so wird es auch in diesem Fall darauf ankommen, einmal durch passende Umstände ein Experimentieren in Gedanken zu bewirken, damit dasselbe zu einer bleibenden Gepflogenheit werde. Zu diesem Zwecke eignet sich vorzüglich die Vorführung von Paradoxen. Nicht nur lernt man durch das Paradoxe am besten die Natur eines Problems fühlen, welches ja eben durch den paradoxen Gehalt zu einem Problem wird, sondern die widerstreitenden Elemente eines Paradoxons lassen die Gedanken auch nicht mehr zu Ruhe kommen, und lösen eben den Prozess aus, der als Gedankenexperiment bezeichnet wurde. Man denke z. B. an das auf der Wage äquilibrierte Wassergefäfs, in welches man eine durch einen besondern Ständer getragene Metallkugel eintauchen läfst, oder an den äquilibrierten Kolben, in dem eine Fliege schwebt, oder an andere in dieser Zeitschrift vorgelegte Denkaufgaben. Die verschiedenen Erwartungen, welche sich an die einzelnen in diesen Fällen vereinigten Umstände knüpfen, müssen notwendig beunruhigend, eben dadurch aber fördernd und klärend wirken.

Die eigentümliche continuierliche Variation, welche in einigen der zuvor erwähnten

klassischen Gedankenexperimente auftritt, erinnert lebhaft an die continuierliche Änderung der Gesichtsphantasmen, welche Johannes Müller[4]) in seinem wunderbaren Buche beschrieben hat. Müller betont daselbst die Identität der schöpferischen Phantasie der Künstler und Forscher, wobei ihm als Repräsentant der letzteren namentlich Goethe in seinen morphologischen Untersuchungen vorschwebt. Er hält das freie Eigenleben der Phantasie für unvereinbar mit den Associationsgesetzen, über welche er sich sehr abfällig ausspricht. Es will mir aber scheinen, dafs die von Müller beschriebenen Erscheinungen der continuierlichen Änderung der Phantasmen mit den Associationsgesetzen ganz wohl vereinbar seien, ja dafs dieselben geradezu als Erinnerungserscheinungen aufgefafst werden könnten. Die perspektivischen Bilder der Gesichtsobjekte ändern sich ja in der Regel auch continuierlich, und das Sprunghafte kommt in die Association nur dadurch hinein, dafs bald dieses, bald jenes Sinnesgebiet mitzusprechen beginnt. Es sei aber zugegeben, dafs dieser interessante noch wenig beachtete Punkt einer eingehenderen Untersuchung bedarf.

Es war in diesem Rahmen nicht möglich, alle Formen und Phasen des Gedankenexperimentes vollständig zu analysieren; dies mufs einer ausführlicheren Darlegung vorbehalten bleiben. Die Bemerkung liegt aber nahe, dafs das Gedankenexperiment nicht nur im Gebiete der Physik, sondern in allen Wissensgebieten von Wichtigkeit ist, selbst dort, wo man es am wenigsten suchen würde — in der Mathematik. Vielleicht stöfst es auf keinen Widerspruch, wenn die Eulersche Forschungsweise mit ihrer grofsen Fruchtbarkeit, mit welcher die Schärfe der Kritik nicht immer gleichen Schritt hält, als sehr nahestehend bezeichnet wird derjenigen eines Experimentators, der ein neues Gebiet zum erstenmal sondiert.

Galvanometrische Schulapparate.

Von

Dr. Friedrich C. G. Müller.

I. Das Wagegalvanometer.

Für den Experimentalunterricht höherer Schulen müssen schon deshalb Galvanometer angeschafft werden, weil es unabweislich ist, den Schülern die Haupttypen eines Instruments vorzuführen, das für Wissenschaft und Technik fast die Bedeutung der Wage gewinnt. Auf der anderen Seite ist ein Arbeitsgalvanometer erforderlich, um damit vor der Klasse die galvanischen Grundgröfsen jederzeit schnell und genau bestimmen zu können behufs Ableitung oder Bestätigung der Hauptgesetze und zur Veranschaulichung der galvanometrischen Methoden. Zu den Instrumenten der ersten Art gehören die Tangentenbussole und das Spiegelgalvanometer, ferner die Ampèremeter bzw. Voltmeter der Technik, endlich dürfte auch ein Exemplar der modernen Galvanometer mit beweglichem Multiplikator innerhalb eines starken Magnetfeldes um so weniger fehlen, als diese binnen wenigen Jahren alle anderen Typen aus dem allgemeinen Gebrauch verdrängt haben werden.

Alle die genannten Galvanometer nebst ihren zahlreichen Abarten sind von Haus aus nicht für Vorlesungen, geschweige denn für den Schulunterricht bestimmt, da sie weder von allen Plätzen des Zuhörerraums übersehen und beobachtet werden können, noch dem Verständnis der Anfänger zugänglich sind. Aufserdem verlangt

[4]) Joh. Müller, Die phantastischen Gesichtserscheinungen. Coblenz, 1826, S. 95.

die oftmalige Aufstellung, Justierung und Handhabung bei der Mehrzahl vom Lehrer zu viel Mühe, Zeit und Geschicklichkeit. Ferner kommen für ein Schulgalvanometer noch einige besondere Gesichtspunkte in Betracht. Zuvörderst dürfen beim Anfangsunterricht Stromverzweigungen nicht verwendet werden, da ja die Schüler erst mit dem Ohmschen Gesetz und den Gesetzen der Stromverzweigung vertraut gemacht werden sollen. Mithin mufs das Galvanometer den ganzen Strom aufnehmen. Da aber die meisten Versuche (Elektromagnetismus, Elektrolyse, Wärmeentwicklung, Dynamos und Elektromotoren) Ströme von mehreren Ampères erfordern, mufs der innere Widerstand des Galvanometers sehr klein und der Leiterquerschnitt so grofs sein, dafs man dauernd Ströme bis zu 20 Amp. hindurchleiten kann. Die Genauigkeit eines solchen Instruments darf bis zu 10 Amp. hinauf nicht wohl unter 0,01 Amp. betragen und auch bei noch stärkeren Strömen nicht relativ kleiner werden. Denn die Genauigkeit, mit der man Widerstände, Stromstärken und Spannungen messen kann, ist ja an sich bewundernswert, wird aber auch, was wohl zu beachten, nicht blofs vom Forscher, sondern auch vom praktischen Elektrotechniker erstrebt und erreicht. Deshalb kann man die Schüler nicht früh genug daran gewöhnen, dafs die galvanischen Grundgröfsen mit derselben Schärfe gemessen werden können und müssen, wie die Grundgröfsen der Mechanik. Mithin soll das Galvanometer Ströme von der bei Schulexperimenten üblichen Stärke bis auf ein Tausendstel genau anzeigen. Der Unterricht darf nicht weniger fordern und wenn er dies nachdrücklich thut, werden auch schon Mittel und Wege gefunden werden. Das Schulexperiment mufs Schritt halten mit dem Fortschritt der Wissenschaft, Feinmechanik und Experimentierkunst. Ein Kleben am Alten ist ganz verhängnisvoll, besonders auf elektrischem Gebiet. Viele unserer Schüler gehen in die Elektrotechnik und die meisten kommen damit irgendwie in Berührung und da sollen sie nicht sagen dürfen, dafs das, was sie auf der Schule gelernt und beobachtet, in den Rumpelkasten gehört.

Es bedarf wohl nur einer kurzen Begründung, weshalb auch nicht eins der vielen Galvanometer, welche in Wissenschaft und Technik so ausgezeichnete Dienste leisten, den Erfordernissen eines guten Schulgalvanometers genügt. Was zunächst die längst historisch gewordene und in ihrer ursprünglichen Construktion für Demonstrationen gänzlich unbrauchbare Tangentenbussole betrifft, so wurde dieselbe durch Poske und andere durch Anwendung der Cylinderteilung wenigstens etwas den Unterrichtszwecken angepafst. Es bleibt aber bei der schwierigen Theorie und der trigonometrischen Umrechnung, welche jede unmittelbare Übersicht unmöglich macht. Von Tangentenbussolen mit Obachschem Ringe kann noch weniger die Rede sein, weil deren Theorie vollständig über den Schülerhorizont hinausgeht. Das Mefsbereich und die Genauigkeit der gewöhnlichen Tangentenbussole sind viel zu beschränkt. Angenommen der Halbmesser des Teilkreises betrage 15 cm, was wohl das Äufserste sein dürfte, so wäre die nutzbare Bogenlänge etwa ebenso lang. Von ihren Plätzen können die Schüler aber nur bis auf 1 mm ablesen, und zwar nur die, welche in der Verlängerung des Zeigers sitzen; man hat also nur 150 Ablesungseinheiten. Zu einem Ausschlag von 50—60° gehört bei einfachem Ringe gewöhnlicher Gröfse ein Strom von 5 Amp., darüber hinaus mufs Stromteilung eintreten. Schliefslich bleibt zu bedenken, dafs eine solche Tangentenbussole sehr subtile Arbeit und Behandlung verlangt. — Ich benutze die Tangentenbussole, und zwar eine ganz einfacher Construktion[1]) nur zu einigen absoluten Messungen in der Prima.

[1]) Diese Zeitschr. *VIII 34.*

Das Spiegelgalvanometer mit Fadenaufhängung ist im Prinzip eine verkleinerte Tangentenbussole, erfordert aber wegen der Winkelverdoppelung bei nicht ganz kleinen Ausschlägen eine noch compliziertere trigonometrische Berechnung. Die Magnete und Spiegel bleiben, wenn nicht völlig verdeckt, wegen ihrer Kleinheit den meisten Schülern unsichtbar. Wie sollen dieselben also die richtige Orientierung von Nadel und Windungsebene, sowie der Skala zur Drehungsachse auch nur annähernd abschätzen? Dazu kommt, dafs man mit diesem Instrument Stromstärken nur mittels Stromverzweigungen bestimmen kann. Endlich erfordert das Ganze eine für den laufenden Unterrichtsbetrieb viel zu vorsichtige Behandlung. Auf der anderen Seite hat das Spiegelgalvanometer, abgesehen davon, dafs man es ohne Hülfe eines Feinmechanikers selber mit jeder gewünschten Empfindlichkeit billig herstellen kann, den grofsen Vorzug, dafs sein Lichtindex auch dem gröfsten Auditorium bei mäfsiger Abdunkelung sichtbar ist. Es leistet deshalb als Galvanoskop zur annähernden Messung sehr kleiner Spannungen, zur Abschätzung der Stromstärke einer Elektrisiermaschine, bei thermoelektrischen und bolometrischen Versuchen, zur Demonstration der Grunderscheinungen der Induktion gute Dienste.

Was nun die Instrumente mit festem Magnetfeld anbetrifft, so sind ihre wirksamen Organe ebenfalls klein und in der Regel verdeckt. Als Reflexinstrumente mit Suspension verlangen sie dieselbe Behandlung wie ein Spiegelgalvanometer, sind aber unabhängig vom Erdmagnetismus. In den letzten Jahren werden Galvanometer dieser Gattung auch als Zeigerinstrumente mit fester Achsenlagerung von den verschiedensten Firmen geliefert. Ich habe speziell mit einem Weston-Galvanometer experimentiert; es ist ungemein bequem und kann auf mehrere Meter Entfernung abgelesen werden, aber sein Mechanismus ist unsichtbar und Stromstärken müssen mittels Verzweigungen gemessen werden. Sein Preis ist ein hoher.

Zum Schlufs gedenken wir der vielverbreiteten technischen Ampère- und Voltmesser, die auf dem Hineinziehen eines leichten Eisenkörpers in eine Spule beruhen. Sie sind auch mit offen liegendem Werk und langem Zeiger ausgeführt worden. Diese Zeitschrift brachte VI 337 gute Abbildungen solcher Instrumente. Ich benutze sie seit 2 Jahren und kann sie bestens empfehlen. Natürlich beschränkt sich ihre Anwendung nur auf rohe Messungen. Aufserdem ist ihre Teilung empirisch hergestellt und nicht gleichmäfsig; das Gesetz derselben können die Schüler so wenig wie irgend jemand erkennen. Es bedarf also für den Unterricht einer Nachprüfung durch Vergleich mit einem richtigen Normalinstrument.

Die im vorhergehenden berührten Galvanometerarten messen sämtlich durch eine Ablenkung und erfordern deshalb eine mehr oder weniger verwickelte mathematische Theorie. Daneben treten aber schon früh auch sogenannte Nulllagegalvanometer auf. Zu ihnen zählt die Sinusbussole, insofern die relative Lage von Strom und Magnet bei allen Ablesungen die nämliche bleibt. Man ging aber auch gleich noch einen Schritt weiter und hielt auch die absolute Lage von Strom und Magnet fest durch eine leicht mefsbare mechanische Gegenkraft. Als solche benutzte man zunächst die Elastizität feiner Drähte oder Spiralfedern und zwar nicht blofs bei vertikaler, sondern auch bei horizontaler Lagerung der Drehungsachse. Wir können derartige Instrumente, zu denen namentlich das Siemenssche Torsionsgalvanometer gehört, allgemein als Federwagegalvanometer benennen. Sie haben alle so kleine Abmessungen, dafs sie zu Demonstrationen vor einem gröfseren Schülerkreise nicht geeignet sind.

Auch die gemeine Wage ist zu galvanometrischen Zwecken herangezogen worden; geschlossene Wagegalvanometer kamen aber nicht in allgemeineren Gebrauch, haupt-

sächlich aus dem Grunde, weil sie den ganz besonderen Vorzug der Kleinheit und Leichtigkeit, welcher die gebräuchlichen, wissenschaftlichen und technischen Instrumente auszeichnet, aufgeben müssen. Wir können nicht umhin, die vom älteren Becquerel in den vierziger Jahren beschriebene elektromagnetische Wage besonders zu erwähnen[2]). Sie bestand aus Stabmagneten, welche unter den Schalen einer feinen Wage aufgehängt achsial in Spulen mit vielen Windungen feinen Drahts tauchten. Ein solches Galvanometer geht nur bei ganz schwachen Strömen richtig. Das sei diesem oder jenem Fachgenossen zur Warnung gesagt. Gar leicht kommt man auf den Gedanken, sich ohne besondere Kosten ein Galvanometer nach Becquerels Idee zusammenzustellen, das auch den Forderungen eines Schulapparates einigermaſsen genügen könnte. Es stellt sich aber heraus, daſs schon bei 5 Ampèrewindungen die härtesten Magnetstäbe temporären Zusatzmagnetismus annehmen und die an der Wage wirksame Kraft weit schneller wächst, als die Stromstärke.

Somit ergiebt sich am Schluſs dieser Übersicht, daſs unter der groſsen Zahl der wissenschaftlichen und technischen Galvanometer kein einziges den oben festgestellten Erfordernifsen eines guten Schulgalvanometers entspricht.

Meine Bemühungen um das Schulgalvanometer erstrecken sich über einen Zeitraum von 20 Jahren. Die ersten darauf bezüglichen Veröffentlichungen fanden 1876 und 1877 statt in *Hoffmanns Zeitschr. f. math. u. naturw. Unterricht VII 26* und *VIII 197*. Das dort beschriebene Instrument war eine ins Vertikale übersetzte Tangentenbussole, deren vertikale Nadel auf einer Schneide mit einem 60 cm langen Zeiger vor einer Tangentenskala spielte. Da das Instrument auch bei der feinsten Ausführung die gewöhnliche Tangentenbussole hinsichtlich der Empfindlichkeit und des Meſsbereichs nicht übertraf, verlieſs ich die hergebrachten Prinzipien und fand im Prinzip der Schnellwage die einfachste Lösung. Das erste darnach 1878 construierte Wagegalvanometer bewährte sich gut, wurde aber nicht veröffentlicht. Bei meiner Übersiedelung nach Brandenburg fand ich in der physikalischen Sammlung kein Galvanometer vor und deshalb machte ich mich unter Benutzung der gewonnenen Erfahrungen an eine möglichst vollkommene Construktion des Wagegalvanometers. Dies Instrument wurde in der *Zeitschr. f. Instrk.* April 1884 und später in dieser Zeitschr. *I 182* beschrieben. Es war von dem Präcisionsmechaniker O. Wanke in Osnabrück mit der Genauigkeit und dem Zubehör einer feinen Wage ausgeführt und dementsprechend kostspielig. Dafür habe ich und meine Schüler in nunmehr 14jährigem Gebrauche daran auch viele Freude gehabt. In dieser Zeit wurde noch manches daran geändert und verbessert, wie es die Praxis an die Hand gab. Jedenfalls habe ich die Eigenart dieses Galvanometers und den Wert seines Prinzips wohl gründlich kennen gelernt. Dabei gewann ich aber auch die Überzeugung, daſs es möglich sei, unbeschadet der Brauchbarkeit ein ähnliches Instrument mit der einfacheren Ausstattung einer Tarierwage für den halben Preis herzustellen.

Durch das Entgegenkommen des Herrn Direktor Böttcher von der Groſsherzoglich S. Fachschule und Lehrwerkstätte für Glasbläserei und Instrumentenbau zu Ilmenau ist nunmehr nach meinen Zeichnungen ein Wagegalvanometer vereinfachter Construktion sachgemäſs gebaut worden, das bei gründlicher Prüfung allen Erwartungen voll entsprach[3]). Die Abbildung (Fig. 1) stellt es mit hochgehobenem Multiplikator

[2]) Pogg. Ann. XLII 307. — Gehlers phys. Wörterbuch, Register.

[3]) Die oben genannte Anstalt hat die Ausführung des neuen Wagegalvanometers genau nach der Beschreibung übernommen. (D.R.G.M.A.). Das vollständige Instrument mit 10drähtigen Ampèrerahmen und 1000drähtigen Voltrahmen nebst exakt justierten Ampère- und Voltreitern kostet 120 Mark

MM dar, welcher auf die Dorne *O* gesteckt, den auf einer Schneide schwingenden Magnetstab *AA* beim Gebrauch umschliefst. Ein Blick lehrt die ganze Construktion kennen. Die Schneide liegt in V-förmiger Stahlpfanne zwischen Gegenplättchen. Der schwarzlackierte Magnet hat die Abmessungen 30 : 2,5 : 1 cm. Zur Schonung der Schneide ist eine einfache Arretierung vorgesehen, deren Gabeln bei *D* sichtbar werden. Der Magnet ist durch die nach abwärts gebogenen Messingarme *B* mit dem Reiterlineal *HH* starr verbunden. Letzteres, aus Aluminiumblech bestehend, ist 50 cm lang und hat am oberen Rande eine feine Millimeterteilung für wissenschaftlichen Gebrauch, darunter für die Fernbeobachtung eine grobe Centimeterteilung, welche pentadenweise durch Rot- oder Grünfärbung der betreffenden Felder in bekannter Weise bezeichnet ist. Auch auf der hinteren Seite hat das Lineal eine gleiche Grobteilung zur Controle für den Lehrer; ebenso sind auch Nulllagemarken hinter den Ständern angebracht. Das Reiterlineal ist an seinen Enden rechtwinklig nach hinten gebogen. Die so gebildeten, passend versteiften Stege sind auf die äufseren Endflächen der Arme *B* geschraubt. Die Stege sind oben zu Schneiden zugeschärft,

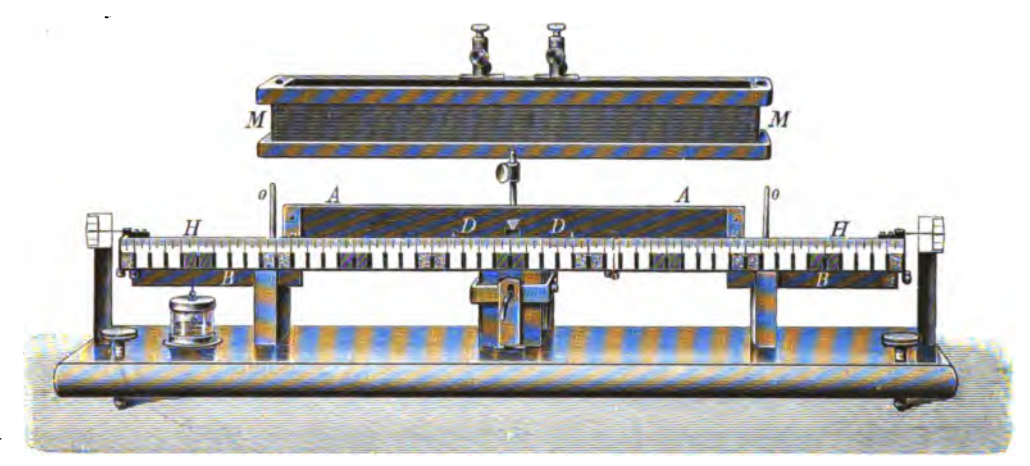


Fig. 1.

die genau dem Anfang und Ende der Linealteilung entsprechen. Diese Einrichtung ist neu und eine bemerkenswerthe Verbesserung. Denn nun kann auf den Stegen eine Anzahl von Reitern in Reserve hängen. Es werden z. B. 8 gleiche Ampèrereiter beigegeben. Je 4 kommen auf jede Seite. Wenn nun beim Durchleiten des Stromes sich eine Seite des Balkens senkt, schiebt man von dort den vorderen Reiter auf dem Lineal nach der andern Seite zu, bis die Zeiger einspielen. Sollte er nicht ausreichen, so schiebt man den Reiter ganz auf den jenseitigen Steg hinüber und holt den zweiten und nötigenfalls noch den dritten und vierten nach. Somit wird das an sich schon grofse Mefsbereich von 500 mm noch vervierfacht.

Die Rahmen mit den stromleitenden Windungen sind, wie bereits bemerkt, von dem übrigen Apparat ganz unabhängig und können augenblicklich abgehoben, wieder eingelegt oder ausgewechselt werden.

Der am meisten gebrauchte Rahmen enthält 10 Windungen eines 2 mm starken Kupferdrahts mit 0,02 Ohm Widerstand. Zu ihm gehören die erwähnten Ampèrereiter. Ihr Gewicht beträgt nicht weniger als 2,59 g (bei meinem alten Instrument 1,28 g). Eine Verschiebung von 10 cm entspricht 1 Amp., eine Lineallänge also 5 Amp. Die Reiter haben ein aus 0,5 mm-Blech geschnittenes Joch mit Messingklötzchen unten an den Schenkeln. Die geschwärzten Schenkel heben sich so scharf auf dem hellen

Aluminium ab, dafs die Schüler noch Hundertstelampère ablesen; ein Tausendstel giebt sich ihnen an den Zeigern noch zu erkennen. Trotz der grofsen galvanometrischen Empfindlichkeit des Instruments hat der Balken, wie sich aus dem grofsen Reitergewicht ergiebt, keine gröfsere statische Empfindlichkeit als eine Tarierwage. Aus diesem Grunde bedarf es auch keines Glaskastens und keiner mechanischen Vorrichtung zur Reiterverschiebung; man schiebt die Reiter einfach mit dem Finger oder einem passenden Stäbchen. Der überraschende Erfolg des neuen Galvanometers liegt offenbar darin, dafs in Gegensatz zu den gebräuchlichen Galvanometern der bewegliche Magnet eine ganz ungewöhnliche Länge und Schwere erhielt.

Bei Klassenversuchen handelt es sich meistens um Ströme unter 5 Amp., sodafs man also mit einem Reiter auskommt; den zweiten 5—10 Amp. messenden Reiter wird man selten, die beiden folgenden nur ausnahmsweise nötig haben. Soll das Instrument aber auch zur Messung von Strömen über 20 Amp. verwendet werden, so wird ihm ein Starkstromrahmen beigegeben, bestehend aus einem 2 mm starken Kupferstreifen, dessen Windungsweite derjenigen der Drahtlage auf dem Hauptrahmen entspricht. Die Ampèrreiter haben dann den 10fachen Wert und das Galvanometer vermag Ströme bis 200 Amp. direkt zu messen bis auf 0,1 Amp. genau.

Aufser dem Ampèrerahmen erhält das Galvanometer noch einen Voltrahmen mit 1000 Windungen 0,25 mm-Drahts von etwa 325 Ohm Widerstand. Die Ampèrereiter, welche dann Milliampère für das Centimeter anzeigen, sind bei 1 Volt Klemmenspannung um 2,4 cm zu verschieben. Der Bequemlichkeit halber sind aber noch Voltreiter von 0,625 g, sowie 10 Voltreiter von 6,25 g beigefügt.

Auf Wunsch werden selbstverständlich noch Multiplikatoren mit anderer Windungszahl und Drahtstärke mitgeliefert.

Die Aichung, bzw. die Nachaichung vor der Klasse, geschieht mittels des Voltameters. Auch die Tangentenbussole ergiebt schnell und bequem den Skalenwert in absolutem Mafs, vorausgesetzt, dafs die Horizontalintensität des Erdmagnetismus bekannt ist[4]).

Bei der Herstellung des Magneten wird der anerkannt beste Spezialstahl benutzt, in Öl gehärtet, 30 Stunden bei 100° angelassen, magnetisiert und hinterher nochmals 10 Stunden bei 100° erhitzt. Das Moment solcher Stäbe zeigte bei meinem älteren Instrument thatsächlich auch nach Jahren keine bemerkliche Änderung, was auch bei der Länge von 20 cm von vornherein zu erwarten war. Die Stäbe des neuen sind sogar 30 cm lang und müssen sich dementsprechend in Bezug auf Unveränderlichkeit noch weit günstiger verhalten.

Die Dämpfung geschieht durch die links sichtbare, an einem feinen Draht hängende, in Glycerin tauchende kleine Metallscheibe.

Zum Ausbalancieren dient eine in der Zeichnung durch das Lineal verdeckte Schraube auf der rechten Seite.

Die Theorie des beschriebenen Wagegalvanometers ist wohl die denkbar einfachste und selbst einem Tertianer durch die Anschauung sofort klar. Wenn man die Sache aber mit den Augen des Fachmannes ansieht, können doch Zweifel auftauchen, ob ein solches Instrument auch grofse Stromstärken richtig mifst, mit andern

[4]) Innerhalb eines Schulgebäudes erleiden die erdmagnetischen Elemente infolge der Eisenconstruktionen erhebliche Abweichungen. In den verschiedenen Räumen unserer Schule beträgt die Inklination 2—5 Grade weniger als draussen; die Horizontalintensität ist an einer bestimmten Stelle des physikalischen Cabinets 0,193, während das Observatorium zu Potsdam 0,187 angiebt.

Worten, ob nicht der Magnet beim Überschreiten einer bestimmten Grenze verändert oder ganz verdorben wird. Denn schon bei 100 Ampèrewindungen tritt eine beträchtliche temporäre Quermagnetisierung ein und da mufs doch schliefslich eine Störung der Längsmagnetisierung die Folge sein. Um in dieser Frage Klarheit zu gewinnen, habe ich das beschriebene neue Instrument einer Gewaltprobe unterworfen. Ich schaltete es zugleich mit einem Ampèremeter von Hartmann & Braun und mit meinem älteren Wagegalvanometer, bei dem aber nur eine Windung benutzt wurde, in den Stromkreis einer 6 zelligen Accumulatorenbatterie nebst einem veränderlichen Widerstande. Ich steigerte den Strom nach und nach bis auf 20 Ampère; es zeigte sich genaue Übereinstimmung der drei Instrumente. Hinterher wurde die Batterie in Parallelschaltung durch das neue Instrument allein kurz geschlossen. Es lief für einige Sekunden ein Strom von etwa 40 Amp. hindurch. Trotzdem ging es darauf vor wie nach genau richtig. Die Probe noch weiter zu treiben, ist unnötig, da man das Galvanometer im Gebrauch niemals derartigen Kräften preisgeben wird. Wenn wir 200 Ampèrewindungen als zulässige Grenzbelastung festhalten, so haben wir mindestens doppelte Sicherheit. Indessen werde ich demnächst mit anderen Vorrichtungen noch festzustellen suchen, bei welcher Grenze Magnetnadeln, wenn sie den Windungen parallel in einem Multiplikator liegen, an Stärke Einbufse erleiden.

Im Zusammenhang mit der soeben berührten Frage steht noch folgende Erscheinung an dem Wagegalvanometer. Wenn man Ströme bis 20 Amp. durch den 10 drähtigen Rahmen sendet, kann man zwar immer noch auf 0,01 Amp. genau messen. Wenn man aber den Balken aus der Nulllage im Sinne der Stromdrehung um einige Millimeter dreht, schlägt er durch und kehrt nicht wieder in seine richtige Stellung zurück. Umgekehrt zeigt sich gröfsere Stabilität, wenn man die einspielende Zunge nach der entgegengesetzten Richtung verschiebt. Ich erkläre die Erscheinung aus einem temporären Zuwachs an Magnetismus in der schrägen Lage. Die Messungen werden übrigens dadurch nicht gestört; man mufs nur die Arretierung zu Hilfe nehmen.

Wie sich eine Strommessung mittels des Wagegalvanometers vollzieht, kann man sich nach der Beschreibung leicht vergegenwärtigen. Die einzelne Einstellung dauert nur wenige Sekunden. Es ist nun den Nulllageinstrumenten vorgeworfen, dafs der Experimentator dabei mitwirken müsse. Aber wer macht es einer feinen Wage zum Vorwurf, dafs sie nicht automatisch geht? Ist andererseits das Umrechnen der Angaben einer Tangentenbussole eine bequemere Arbeit als das Reiterschieben? Der Vorwurf hat nur insofern einige Berechtigung, als es mit Nulllageinstrumenten schwer angeht, schnell wechselnden Strömen zu folgen. Das können aber die meisten wissenschaftlichen Instrumente auch nicht. Nur die modernen technischen Ampèremeter stehen in dieser Hinsicht besser da. Indessen hat unser Galvanometer, gerade weil es ein Nulllageinstrument ist, den Vorzug gröfserer Bequemlichkeit, wenn es gilt, bestimmte Stromstärken festzuhalten oder herauszubringen, z. B. bei Widerstandsmessungen nach der Substitutionsmethode. Man hängt dann nur den Reiter an die bestimmte Stelle und wartet, bis die Wage einspielt.

Ich meine also, dafs trotz des Reiterschiebens das beschriebene Wagegalvanometer alles in allem bequemer ist als irgend ein anderes Galvanometer von gleichem Mefsbereich und gleicher Genauigkeit. Es ist stets und an jedem Ort unmittelbar dienstbereit. Es verlangt weder zarte Behandlung noch Experimentiergeschick. Es läfst sich bequem in Schränken unterbringen und mit einer Hand an den Gebrauchsort tragen. Die Mühe des Staubabwischens ist gar nicht der Rede wert. Somit

komme ich zu dem Schlufs, dafs das neue Galvanometer allen und selbst hochgestellten Anforderungen eines Schulinstruments voll genügt, gleichzeitig aber auch für wissenschaftlichen und technischen Gebrauch geeignet ist. Es ist nicht von heute zu morgen am Schreibtisch entstanden, sondern das Ergebnis einer vieljährigen Unterrichts- und Experimentierpraxis.

II. Der Trommelrheostat.

Der Messdraht eines Schulrheostaten sollte in unterbrochenem Zuge so geführt sein, dafs die relative Länge des eingeschalteten Stücks nach dem blofsen Augenmafs genau bestimmt werden kann. Ein weitere Forderung ist die, dafs er Ströme bis mindestens zu 5 Ampère ohne störende Erhitzung aufzunehmen vermag, weil ja Zweigströme ausgeschlossen sind, wenn die Schüler mit dem Ohmschen Gesetz bekannt gemacht werden sollen. Der gewiesene Weg bei der Durchnahme des Galvanismus ist doch der, zunächst die wichtigsten galvanischen Elemente (Daniell, Bunsen, Bleiaccumulator) als Quellen elektrischer Energie ohne Rücksicht auf die inneren Vorgänge nebst den Hauptwirkungen des Stroms durch einige packende Versuche vorzuführen, dann die elektromagnetische Wirkung und das Galvanometer eingehender zu behandeln. Nun folgt die experimentelle Behandlung der Widerstandsgesetze und des Ohmschen Gesetzes. Dabei wird der ganze Strom eines constanten Elements gleichzeitig durch das Galvanometer und die variable Drahtstrecke geleitet.

Der Messdraht (aus Manganin) mufs demnach mindestens 1,25 mm Durchmesser und ein Ohm 3 m Länge erhalten. Da man aber nicht unter 5 Ω zur Verfügung haben möchte, ergiebt sich die Notwendigkeit, einen 15 m langen Draht auf einem kleinen Raum so unterzubringen, dafs man direkt sehen kann, welcher Bruchteil des Ganzen in die Strombahn eingeschaltet ist. Der ganze Draht wird also durch Biegung naturgemäfs in Zehntel-Ohm abgeteilt. Es würden sich somit 50 Windungen ergeben, die aber der Sichtbarkeit wegen mindestens 1 cm weit von einander abliegen müssen. Die praktische Durchführung dieser Aufgabe ist auf verschiedenen Wegen möglich. Es wird, abgesehen von den pädagogischen Gesichtspunkten, diejenige Construktion den Vorzug verdienen, welche beim Gebrauch vor der Klasse und bei der Instandhaltung die geringste Mühe veranlasst, dabei wissenschaftliche Genauigkeit gewährleistet und verhältnismäfsig wohlfeil ist.



Fig. 2.

Der nebenstehende Widerstandsmesser ist eine Weiterbildung des von mir bereits vor 8 Jahren beschriebenen Trommelrheostaten (d. Ztschr. *II 47*). Auf einer drehbaren Holztrommel von 33 cm Durchmesser und etwa 14 cm Höhe ist der 1,25 mm starke Manganindraht, wie die Figur zeigt, in 50 Windungen auf- und abwärts gewickelt. Der Draht liegt oben und unten um centimeterstarke, mit flachen Nuten versehene Pflöcke. Der Drahtanfang sitzt an dem Messingstück *A*. Die Stromzuleitung

geschieht von C aus durch das in zwei lockeren Windungen um die Mittelsäule geschlungene Kupferseil B, die Ableitung durch die starke, mit Platin belegte Kupferfeder G und die Klemme H. Es liegt auf der Hand, dafs durch Drehung der Trommel 0—50 Zehntel-Ohm eingeschaltet werden, wobei die Feder dank ihrer besonderen Form ohne Unterbrechung des Contakts von einer Windung auf die nächste gleitet.

Auf einem Brett unterhalb der Trommel ist ein Rheochord angeordnet, um beliebige Bruchteile eines Zehntel-Ohms zuschalten zu können. Es besteht einfach aus zwei parallelen an die Messingstücke C und D befestigten Drähten der nämlichen Gattung, welche durch den Schieber E leitend verbunden sind.

Um das Messbereich des Apparats auch nach oben hin beliebig auszudehnen, sind unten auf dem Brett noch einige Widerstandsrollen vorgesehen. Der Messingriegel DF besteht aus durch Stöpsel verbundenen Stücken. Durch Ziehen der Stöpsel werden die betreffenden Rollenwiderstände eingeschaltet.

Man wird sich leicht überzeugen, dass die aus technischen Gründen kaum zu umgehende Gliederung des ganzen Apparats in drei verschiedene Messorgane, weit entfernt eine unerwünschte Complikation zu sein, sehr lehrreich und nützlich ist. Denn einmal sehen die Schüler die Haupttypen der Widerstandsmesser für den wissenschaftlichen und praktischen Gebrauch an dem nämlichen Instrument in übersichtlicher Weise nachgebildet. Vor allem aber gestatten die von einander unabhängigen Messorgane eine ebenso bequeme wie lehrreiche Nachkalibrierung des ganzen Apparats vor den Augen der Schüler. Zuerst ergiebt sich die Gleichwertigkeit der Abteilungen des Hauptdrahts durch Vergleich mit dem Rheochord, ferner wird die 5 Ω-Rolle und jede der folgenden Rollen mit dem ganzen Hauptdraht verglichen, endlich der absolute Wert der Rheostateinheit durch Vergleich mit einem Normaletalon festgestellt; alles nach der Substitutionsmethode. Selbstverständlich gehört dazu ein zweckmässiges Galvanometer. Keins dürfte sich besser eignen als das im Voraufgehenden beschriebene Wagegalvanometer. Was die Stromquelle anbetrifft, so sei noch darauf hingewiesen, dafs Bleiaccumulatoren nicht nur wegen ihrer Bequemlichkeit, sondern auch wegen ihrer Constanz weitaus den Vorzug verdienen. Der Experimentiertisch jeder höheren Lehranstalt sollte mit einer Batterie von 6 Zellen zu je 20 Ampèrestunden und 6 Ampères Entladestromstärke ausgerüstet sein, verbunden mit einem Pachytrop, um sofot jede der 4 Batterieschaltungen herstellen zu können[5]). Bei Widerstandsmessungen und Versuchen über das Ohmsche Gesetz kommen hauptsächlich die Parallelschaltungen in Anwendung und dann bleiben, auch wenn zeitweilig Ströme von mehreren Ampères entnommen werden, die Constanten der Batterie ganz unveränderlich. Deshalb lassen sich Widerstände nach der Substitutionsmethode, sowie die elektromotorische Kraft nach der Ohmschen Methode, binnen wenigen Minuten bis auf ein Tausendstel genau in einer allen Schülern sichtbaren Weise bestimmen.

Mit Bezug auf den beschriebenen Widerstandsmesser ist noch zu bemerken, dass der Widerstand der Zuleiter, nämlich des Seils, der Feder u. s. w. nicht verschwindend klein ist. Dieser constante Addend beträgt gegen 0,02 Ohm und wird vom Verfertiger genau bestimmt und auf dem Apparat verzeichnet. Es braucht kaum darauf hingewiesen werden, dass der Widerstand der Zuleiter bei der Substitutionsmethode ausscheidet. Nur bei Messung mit der Brücke muss er in Betracht gezogen werden.

---

[5]) Näheres in meiner Programmabhandlung von Ostern 1896. — Es ist mir sehr aufgefallen, dafs in den beiden jüngst in dieser Zeitschr. *IX 175* mitgeteilten Normalverzeichnissen keine Accumulatorenbatterie, sondern die längst überwundene, unbequeme und inconstante Chromsäure-Tauchbatterie aufgeführt ist.

Was nun die Vorführung der so überaus wichtigen Brückenmethode im Unterricht betrifft, so dürfte ohne Frage die ursprüngliche Wheatstonesche Ausführung wegen ihrer Übersichtlichkeit den Vorzug verdienen. Hierbei ist die Brückeneinrichtung vom Rheostaten getrennt auf einem vertikalen Brett in der bekannten Rautenform angeordnet. Man nehme in die beiden oberen Seiten je ein Ohm in Gestalt von Spiralen aus 0,5 mm Manganindraht. Die Zuleitungsdrähte, welche das eine Klemmenpaar an der einen unteren Seite mit dem Rheostaten, das andere mittels zweier Fufsklemmen mit dem zu messenden Widerstande verbinden, gleicht man so ab, dafs wenn der Rheostat auf Null steht, bei Kurzschlufs des andern Zweigs die Brücke stromlos bleibt. Dann ist der vorhin erwähnte Addend ein für alle Male compensiert.

Hinsichtlich der Herstellung des Widerstandsmessers sei hervorgehoben, dafs der Draht vor dem Aufziehen ohmweise genau auskalibriert wird und seine Biegungen an den markierten Stellen erhält, so dafs die Angaben der Trommel bis auf ein Tausendstel-Ohm richtig sind. Die Schwierigkeiten, welche der dicke, steife Draht anfangs beim Aufziehen bot, wurden durch Auffindung geeigneter Manipulationen bald überwunden. Herr Max Kohl in Chemnitz liefert den Apparat in schöner Ausführung und in jeder gewünschten Genauigkeit.

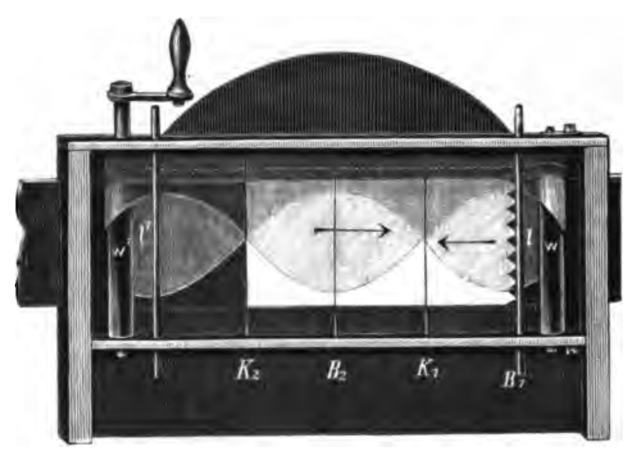
Veranschaulichung der Luftbewegung in gedeckten und offenen Pfeifen.

Von

Prof. **Max Raschig** in Schneeberg.

Bei der Besprechung der Zustände der Luft bei tönenden Pfeifen im physikalischen Unterricht schien es mir von jeher, als ob der Hauptpunkt die Bildung stehender Wellen auch bei eingehendster Erörterung und Unterstützung durch Zeichnung dem Schüler verhältnismäfsig schwer verständlich zu machen sei. Prinzipiell ist die Schwierigkeit aber darin begründet, dafs hier ein stetig sich verändernder Zustand dargelegt und wenn möglich veranschaulicht werden soll. Die Experimente an tönenden Pfeifen selbst, sei es nun an der Labialpfeife mit eingehängter sandbestreuter Membrane oder der Königschen Pfeife mit Gasflammenmanometern, beweisen dem Schüler immer nur, dafs an den und den vorher berechneten Stellen ein Schwingungsknoten, dazwischen Bäuche stattfinden, aber nicht, wie sie durch die sich begegnenden Wellenzüge zu stande kommen. Das Experiment mit dem Seil, welches am einen Ende befestigt, am andern Ende mit der Hand in stehende Schwingungen versetzt wird, kann durchaus nur als analoge Erscheinung in einem ganz anderen Gebiet gelten; direkte Übertragungen auf das Phänomen der tönenden Pfeifen würden nur verwirrend wirken; auch ist der Unterschied der gedeckten und offenen Pfeife hier nicht zur Anschauung zu bringen. Besseres können schon Zeichnungen darbieten, bei denen sich jedoch auch in guten Lehrbüchern ein selbst wieder schwer verständlich zu machender Schematismus vorfindet. Ich behalf mich zuletzt mit einer Zeichnung des parallel, aber symmetrisch gelagerten ein- und austretenden Wellenzugs, wobei diese selbst durch Farben unterschieden waren. Aber auch noch bessere Hilfsmittel der Zeichnung, wie sie gewifs leicht gefunden werden würden, kommen nicht über den Übelstand hinweg, dafs sie nur momentane Zustände der Luft in solchen Pfeifen, nachdem etwa $^1/_4$, $^2/_4$, $^3/_4$ . . . u. s. w. Wellenlänge die Öffnung der Pfeife passiert haben, zur Anschauung bringen. Es mufs der Phantasie des Beschauers

also überlassen werden, die Wandlung eines solchen Zustands in den nächstfolgenden zu ergänzen, was jedoch verbunden mit der anderen Forderung, die übereinander lagernden Dichtigkeitszustände der Luft richtig algebraisch zu summieren, zu viel verlangt scheint.



Diese Schwierigkeiten der Darstellung durch bloſse Zeichnung haben mich zuletzt zur Construktion einer zunächst für den Projektionsapparat berechneten beweglichen Vorrichtung geführt, die hier in Kürze beschrieben werden soll.

In der nebenstehenden Figur bedeuten $w\,w'$ zwei Walzen; um diese läuft bei Drehung der einen mittels Kurbel ein Riemen, auf welchem ein Wellenzug $l\,l'$ von 3 nach der Sinuskurve hergestellten Wellen aus Pauseleinewand aufgeheftet ist. Diese Wellen passieren eine Öffnung, welche durch Schieber (ausgezackt für die mit der äuſseren Luft communicierenden Enden der Pfeife) nach den eingesetzten Strichmarken entweder auf $^1/_4$ oder $^2/_4$ oder $^3/_4$, äuſserstenfalls (wenn es das Gesichtsfeld des Skioptikons zuläſst) auch auf $^4/_4$ Wellenlänge eingestellt werden kann. Je nach dieser Einstellung stellt der transparente hin- und zurückgehende Wellenzug bei Drehung der Kurbel die Bewegung der Luft oder die stehenden Luftwellen in einer

1. gedeckten Orgelpfeife von $^1/_4$ Wellenlänge,
2. offenen " " $^2/_4$ "
3. gedeckten " " $^3/_4$ "
4. offenen " " $^4/_4$ "

dar, wenn man während der Bewegung für die einzelne Stelle der Öffnung die an derselben sich begegnenden und auf die Mittelparallele bezogenen Ordinaten der Wellenberge und Wellenthäler als Verdichtungs- und Verdünnungszustände der Luft algebraisch summiert denkt; diese Summation wird durch die Transparenz der Wellenzüge für die Anschauung direkt vermittelt und macht nach einem einmaligen Hinweis auf diese keine Schwierigkeit.

Dagegen bietet sich an den geforderten festen Stellen $K_1\,K_2\ldots$ die Erscheinung eines Knotens durch den Wechsel von a) sich deckenden Normalhöhen, b) sich deckenden Wellenbergen, c) sich deckenden Normalhöhen, d) sich deckenden Wellenthälern u. s. w. in fortlaufender Periodicität, entsprechend aber in den anderweitigen festen Stellen $b_1\,b_2\ldots$ die Erscheinung der Bäuche durch den Wechsel von a) sich deckendem Wellenberg des eintretenden und Wellenthal des austretenden Wellenzugs, b) sich deckenden Normalzuständen, c) sich deckendem Wellenthal des eintretenden und Wellenberg des austretenden Wellenzugs, d) sich deckenden Normalhöhen u. s. w. ebenfalls in fortlaufender Periodicität. Der Apparat zeigt damit auch bei der gedeckten Pfeife die Erscheinung der Reflexionswelle, bei der offenen hingegen die einer Reaktionswelle.

Die Herstellung des in jeden Projektionsapparat sofort einzuschiebenden vollständig aus Metall gefertigten Apparats hat die Firma. Dr. Stöhrer und Sohn in Leipzig übernommen; die Genannten würden auf Bestellung denselben Apparat auch

für direkte Demonstration entsprechend leichter gearbeitet und in vergröfserter Form liefern; hier genügt dann das Dahintersetzen irgend einer Lichtquelle im mäfsig verdunkelten Zimmer, um das Begegnen der transparenten Wellenzüge direkt zu beobachten. Die Anschaffung des Apparates dürfte sich um so mehr lohnen, als derselbe für verschiedene Gebiete, in denen stehende Wellen auftreten, z. B. auch für Veranschaulichung stehender Lichtwellen, verwendbar ist, welche letzteren bekanntlich für die neueste Erfindung auf dem Gebiete der farbigen Photographie das wesentliche Erklärungsprinzip enthalten.

Die Coriolis'sche Kraft.

Von

M. Koppe in Berlin.

Wird ein Körper mit beweglichen Teilen auf eine wagerechte gleichmäfsig rotierende Platte versetzt, so treten zunächst Bewegungen und Schwankungen ein, die durch Reibung und andere Widerstände gedämpft werden, sodafs schliefslich ein relativer Gleichgewichtszustand sich herausbildet, den man als einen absoluten behandeln darf, wenn man zu den vorhandenen Kräften noch die sogenannte Centrifugalkraft hinzufügt. Vielfach herrscht die irrige Meinung, es liessen sich auch die dem Gleichgewicht vorhergehenden Bewegungen, die in Bezug auf den absoluten Raum auf die natürlichste, wenn auch nicht einfachste Art aus dem Beharrungsvermögen herzuleiten sind, durch die fingierte Centrifugalkraft erledigen, ohne nach der Rotation der Scheibe zu fragen. In der Ableitung der fingierten Centrifugalkraft oder auch der für die absolute Bewegung wirklich vorhandenen Centripetalkraft liegt nichts, was für diese Ansicht spräche. Vielleicht kann die Einsicht in den Verlauf von Bewegungen auf rotierenden Scheiben, wozu die Coriolis'sche Kraft den Schlüssel bietet, auch in die Auffassung der Centrifugalkraft im Bereiche ihrer berechtigten Anwendung eher Klarheit bringen als Discussionen, die auf jenes benachbarte Gebiet keine Rücksicht nehmen.

Die Coriolis'sche Entdeckung giebt für die Behandlung aller relativen Bewegungen die einfachsten Gesichtspunkte, indem sie dieselben als absolute auffassen lehrt; sie ist zuerst veröffentlicht 1835 im *Journal de l'école polytechnique, tome XV, p. 142: Mémoire sur les équations du mouvement relatif des systèmes de corps*, sie ist auch aufgenommen in Coriolis, *traité de la mécanique des corps solides et du calcul de l'effet des machines, Paris, 1844.* In den Lehrbüchern der Mechanik wird sie leider noch nicht genügend gewürdigt, obwohl sich die Zahl der Erscheinungen, die sich durch sie am einfachsten beschreiben lassen, vermehrt hat, da zu dem Voreilen fallender Körper nach Osten (Benzenberg, 1804) das Foucault'sche Pendel (1851) und seit Ferrel (1859) die genauere Darstellung der durch die Erdrotation modifizierten Luftbewegungen hinzugekommen ist. Man vermifst die Coriolis'sche Kraft in Sturm's *Cours de mécanique*, in Kirchhoff's *Vorlesungen über Mechanik* und in Voigt's *Elementarer Mechanik;* in Duhamel's *Cours de mécanique* ist sie zwar analytisch abgeleitet, ihre Anwendungen werden aber nur historisch aufgezählt; dagegen ist sie in Schell's *Theorie der Bewegung und der Kräfte* geometrisch entwickelt und ausgiebig durch Beispiele erläutert (2. Aufl., Bd. I, S. 520—540, Bd. II, S. 552), ebenso ist sie in Sonnet's *Dictionnaire des mathématiques appliquées* in dem Artikel *Théorème de Coriolis* ausführlich dargestellt.

1. Bewegungen auf einer rotierenden Scheibe.

Eine wagerechte Scheibe drehe sich um die vertikale Achse OZ in derselben Richtung, in welcher sich die Erdoberfläche am Nordpol bezüglich des festen Fixstern-Himmels dreht, also so, dafs ein von der Achse OZ aus betrachteter Punkt P nach links in die Lage P_1 wandert (Fig. 1). Nach kurzer Zeit dt habe sich die Scheibe um $\vartheta\, dt$ gedreht, wodurch die in ihr liegenden Achsen OX, OY in die Lage OX_1, OY_1 kommen, während OZ fest

bleibt. Über der Scheibe schwebe, ziemlich weit entfernt von OZ, ein fest mit ihr verbundenes Geleise aus zwei parallelen wagerechten Schienen, die von einander einen geringen Abstand haben und als Führung für zwei Gleitstücke dienen, welche auf jenen durch äussern Zwang in gleicher Richtung mit der constanten Geschwindigkeit v verschoben werden. In der Mitte zwischen beiden, durch gespannte elastische Fäden mit ihnen verbunden, befinde sich ein kleiner beweglicher Körper. Dieser wird, nachdem die anfänglichen Schwankungen verschwunden sind, gleichfalls mit der Geschwindigkeit v eine geradlinige Bahn parallel zu den Schienen beschreiben, und aus den Spannungen der beiden Fäden wird man erkennen, dafs die Bahn des Körpers jetzt nicht eine von selbst bestehende Trägheitsbahn ist, sondern nur durch Einwirkung einer Kraft unterhalten wird, welche von den sich selbst richtig einstellenden elastischen Fäden als Resultante ihrer Spannungen dargeboten wird.

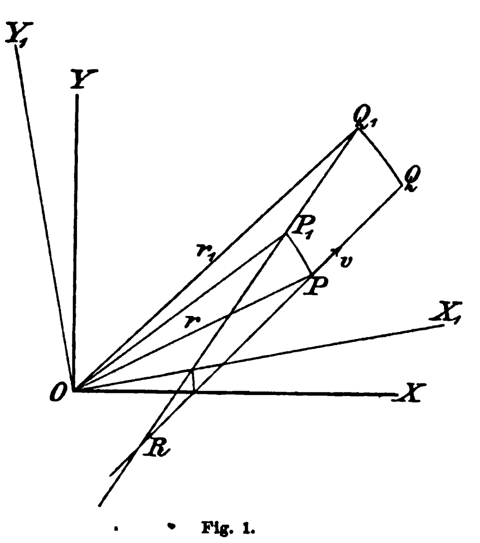


Fig. 1.

Um diese Kraft zu finden, vergleicht man die absolute Geschwindigkeit des bewegten Punktes für zwei benachbarte Zeitpunkte und bestimmt daraus die Componente, welche die erste Geschwindigkeit in die zweite verwandelt. Werden die beiden Geschwindigkeiten von einem Punkte aus abgetragen, so ist die Verbindungslinie der Endpunkte nach Gröfse und Richtung die gesuchte Componente.

Scheint der Körper in dem System XOY von P nach Q zu kommen, indem er um $PQ = v\,dt$ fortschreitet, so geht er im absoluten Raum von P nach Q_1. In P besteht seine Geschwindigkeit aus zwei Componenten, $v \parallel PQ$ und $r\vartheta \perp OP$, da der Radius $OP = r$ sich mit der Geschwindigkeit ϑ dreht, in Q_1 besteht sie aus $v \parallel P_1 Q_1$ und $r_1 \vartheta \perp O Q_1$[1]). Trägt man die ersten Componenten, die beide $= v$ sind, nach Grösse und Richtung von einem Punkte ab, z. B. von R aus, so sieht man, da sie den Winkel $\vartheta\,dt$ mit einander bilden, dafs zur Überführung der früheren in die spätere der Impuls $v\vartheta\,dt \perp P_1 Q_1$ erfordert wird. Die anderen Componenten sind durch $OP = r$ und $OQ_1 = r_1$ dargestellt, wobei jedoch der Faktor ϑ und eine Drehung um 90° hinzuzudenken ist. Die erste Strecke lässt sich in die zweite verwandeln, wenn man ihrem Endpunkt die Verschiebungen erteilt $PP_1 = r\vartheta\,dt$ und $P_1 Q_1 = v\,dt$, die entsprechenden Impulse sind $r\vartheta^2 dt \perp PP_1$ d. h. $\parallel PO$ und $v\vartheta\,dt \perp P_1 Q_1$. Fasst man diese mit dem früheren Impulse zusammen, so findet man, dass für die Sekunde die Beschleunigungen erfordert werden:

$$r\vartheta^2 \parallel PO \quad \text{und} \quad 2v\vartheta \perp PQ.$$

Betrachtet ein auf der rotierenden Scheibe stehender Beobachter die Anstrengungen, welche die gespannten Fäden machen, um den Körper auf der Geraden gleichmäfsig zu führen, so scheint es ihm, als ob auf den Körper eine Kraft wirkte, die ihm die aus $r\vartheta^2 \parallel OP$ und $2v\vartheta \perp QP$ resultierende Beschleunigung zu erteilen fähig wäre. Die Kraft, von der die Beschleunigung $r\vartheta^2 \parallel OP$ herrühren könnte, ist die Centrifugalkraft, die andere, von der die Beschleunigung $2v\vartheta \perp QP$, also von der Richtung PQ oder v aus nach rechts abweichend, herrühren könnte, ist die Coriolis'sche Kraft. Durch die Resultante der Fadenspannungen werden diese Kräfte aufgehoben.

Bewegt sich ein Körper in Bezug auf die rotierende Scheibe der Reihe nach mit verschiedenen Geschwindigkeiten, deren Richtungen aber alle in einer wagerechten Ebene

[1]) Unter der Senkrechten auf OP wird die Richtung verstanden, in welche der Richtungsstrahl OP durch Drehung um 90° in positivem Sinne, d. h. nach links, oder von OX nach OY übergeht. Die entgegengesetzte Richtung wäre senkrecht auf PO.

liegen, und kennt man alle den Körper beeinflussenden Kräfte, wie Schwere, Fadenspannungen, so wird der Zusammenhang der Bewegung mit den wirkenden Kräften nach der gewöhnlichen Mechanik erst dann verständlich, wenn man zu den Kräften noch die Centrifugalkraft und die Coriolis'sche Kraft hinzunimmt. Wo die Bahn geradlinig und gleichmäfsig durchlaufen wird, heben sich nunmehr alle Kräfte auf, wo ein Eckpunkt ist, verändern die äusseren Kräfte durch plötzliche starke Impulse die Geschwindigkeiten. Lässt man die gebrochene Linie einer Kurve sich annähern, so fliessen auch die plötzlichen Impulse in stetig wirkende Kräfte zusammen.

Trägt man an eine wagerechte Geschwindigkeit $AB = u$ im Endpunkt eine zweite $v = BC$ nach Grösse und Richtung an, so ist $AC = w$ die Resultante. Dreht man das Dreieck ABC um 90° und vergrössert seine Seiten im Verhältnis $1:2\vartheta$, so stellen diese nunmehr die zu u, v, w gehörigen Kräfte dar und zeigen, dass die zu w gehörende wieder die Resultante ist zu denen, die den Geschwindigkeiten u, v entsprechen. Bisher dachten wir uns die Geschwindigkeit v immer wagerecht. Steigt das früher erwähnte Geleise unter dem Winkel α an, so denke man sich die Geschwindigkeit v des Punktes P zerlegt in die vertikale Componente $v \sin \alpha$ und die horizontale $v \cos \alpha$. Nur die letztere ändert ihre Richtung. Die Drehungsgeschwindigkeit von P ist $r\vartheta$ und geht über in $r_1 \vartheta$ für den Punkt Q_1, wo jetzt r und r_1 die Abstände von der Achse OZ bedeuten, die in der Figur auf die wagerechte Ebene ohne Verkürzung projiziert sind. Die oben bei dem Übergang von OP auf OQ_1 benutzte Strecke $P_1 Q_1$ ist daher auch hier wagerecht und $= v \cos \alpha \, dt$. Man gelangt daher, wie früher, zu der Centrifugalkraft, deren Beschleunigung $r\vartheta^2 \parallel OP$ und zu der Coriolis'schen Kraft, deren Beschleunigung jetzt $= 2v\vartheta \cos \alpha \perp QP$ ist, d. h. von PQ aus nach rechts abweicht. Der Wert dieser Kraft wird also allgemein dargestellt durch den doppelten Flächeninhalt eines Parallelogramms zwischen den von einem Punkte aus nach Grösse und Richtung dargestellten Strecken ϑ und v. Versetzt man sich in die Richtung $\vartheta = OZ$ und blickt nach der Richtung der Geschwindigkeit v, so wirkt die Kraft senkrecht zur Fläche des Parallelogramms nach rechts. Rotierte die Scheibe umgekehrt, so würde ϑ und $2v\vartheta$ negativ, also wäre dann die Kraft nach links gerichtet.

Zwei einfache Fälle seien noch besonders hervorgehoben, weil sie in populären Büchern über Geographie, kosmische Physik und Witterungskunde oft hervorgehoben und mangelhaft erledigt werden. Beschreibt auf einer mit der Winkelgeschwindigkeit ϑ rotierenden wagerechten Scheibe ein Körper einen Kreis um dieselbe Achse wie die Scheibe und mit der relativen Winkelgeschwindigkeit ϑ' oder mit der linearen Geschwindigkeit v, so ist seine absolute Bewegung eine Rotation mit der Winkelgeschwindigkeit $(\vartheta + \vartheta')$, so dafs auf eine nach dem Centrum wirkende Beschleunigung $r(\vartheta + \vartheta')^2, = r\vartheta^2 + 2r\vartheta\vartheta' + r\vartheta'^2$, zu schliessen ist. Die relative Bewegung an sich würde nur die Centripetalbeschleunigung $r\vartheta'^2$, den letzten Summanden, erfordern. Die beiden andern Summanden sind dazu da, die Centrifugalkraft $r\vartheta'^2$ und die nach rechts ablenkende Kraft $2v\vartheta', = 2r\vartheta\vartheta'$, aufzuheben. In der früheren Meteorologie wurde für Luftbewegungen längs eines Parallelkreises die Existenz der ablenkenden Kraft $2v\vartheta$ geleugnet.

Bewegt sich ein freier Punkt längs eines Radius einer rotierenden Scheibe vom Centrum fort, oder allenfalls in der kalten Zone der Erde längs eines Meridians nach Süden, mit der relativen Geschwindigkeit v, so ist seine absolute Geschwindigkeit zusammengesetzt aus v und der zum Radius senkrechten Geschwindigkeit $r\vartheta$, die nach einem Augenblick in $r_1\vartheta = (r + v\,dt)\vartheta$ übergeht. Aus der Veränderlichkeit der letzteren Componente schloss man in der Meteorologie auf die ablenkende Kraft $v\vartheta$ nach Westen, die durch eine nach Osten zu erteilende Beschleunigung $v\vartheta$ aufzuheben sei, wenn die beschriebene Bewegung zu stande kommen sollte. Man vergafs aber, dafs auch die erste Componente v, wenn sie auch dieselbe zu bleiben *schien*, doch ihre Richtung im absoluten Raum um $\vartheta\,dt$ nach Osten ändert, was noch einmal eine nach Osten wirkende Beschleunigung $v\vartheta$ erfordert, die eine fingierte, nach Westen wirkende, ablenkende Kraft aufzuheben scheint. Da nebenbei auch die, zu v senkrechte, Componente $r\vartheta$ ihre Richtung um $\vartheta\,dt$ ändert, so erkennt man, dafs auch noch

die fingierte Centrifugalkraft $r\vartheta^2$ durch eine wirksame physikalische Kraft compensiert sein mufs, wenn die radiale gleichförmige Bewegung auf einer rotierenden Scheibe fortdauern soll.

Man könnte den in diesem Abschnitt vorausgeschickten allgemeinen Fall relativer Bewegung auch aus den eben betrachteten beiden speziellen Fällen durch Zusammensetzung ableiten.

Nach den früheren falschen Annahmen der Meteorologie war die Erdplatte in der Nähe des Nordpols, in schmale Zonen zerlegt, gewissermafsen eine Stufenbahn mit parallelen, aber geradlinigen Geleisen. Man denke sich, dafs ein Punkt von dem einen Ufer einer Stufenbahn, immer senkrecht zu ihrer Bewegungsrichtung, nach dem anderen mit der Geschwindigkeit v vordringe, die Breite der Geleise oder der auf ihnen bewegten Plattformen sei so gewählt, dafs er jede einzelne in $1/n$ Sek. überschreite. Um die Bewegungsart eines zwischen zwei benachbarten Meridianen enthaltenen Sektors der kalten Zone nachzuahmen, müfste die um r vom Pol entfernte Stufe die Geschwindigkeit $r\vartheta$ erhalten, die sie aber gleichmäfsig in gerader Richtung beibehalten soll. Die Geschwindigkeit ändert sich von einer Stufe zur nächsten um $(v/n)\vartheta$, also müfste dem Punkte je nach $1/n$ Sek. ein Impuls $v\vartheta/n$ in der Bewegungsrichtung erteilt werden, und es schiene einem Menschen, der sich an das Gehen über die Stufenbahn hin gewöhnt hätte, als ob er einer beständigen Strömung ausgesetzt wäre, die ihn mit der Beschleunigung $v\vartheta$ von seinem Wege nach rechts abzulenken suchte und der er Widerstand leisten müfste. Wenn nun aber, zur Herstellung einer Ringbahn, die geradlinig fortgeführten Geleise der Stufenbahn irgendwo in conzentrische Halbkreise umgelenkt werden, so dafs dort zeitweilig die Plattformen der Stufenbahn einer sich drehenden Scheibe gleichen, so wird dort die ablenkende Strömung in doppelter Stärke wahrzunehmen sein, und es wird auch noch die Centrifugalkraft hinzutreten, wenn nicht etwa für eine passende Überhöhung gesorgt ist.

Beispiele: Trägt ein um seine Mitte rotierender wagerechter Stahlstab eine leicht verschiebbare durchbohrte Kugel, so wirkt die Centrifugalkraft in Richtung der möglichen Bewegung und erzeugt eine beständig stark wachsende Geschwindigkeit. Die Coriolis'sche Kraft, senkrecht zu der durch den Stab gelegten Vertikal-Ebene, bewirkt nur einen Druck gegen den Stab und beeinflusst die Bewegung höchstens sekundär durch die hierdurch erzeugte Reibung. Die Entfernung der Kugel vom Mittelpunkt wächst nach dem Gesetz $x = a e^{\vartheta t} + b e^{-\vartheta t}$, weil dies mit $x'' = \vartheta^2 x$ übereinstimmt.

Auch bei den Oscillationen des Centrifugal-Regulators kommt die Coriolis'sche Kraft nicht zur Geltung.. Entfernt man die Arme desselben durch Zusammendrücken oder Auseinanderspreizen ein wenig aus der Lage, die der vorhandenen Rotations-Geschwindigkeit entspricht, so wirkt die Resultante von Schwerkraft und Centrifugalkraft nach der Gleichgewichtslage hin, es entsteht ein Pendeln der Arme innerhalb einer vertikalen Ebene, während die Coriolis'sche Kraft zu dieser Ebene senkrecht steht.

Ein glatter Körper, der frei auf einer rotierenden Ebene beweglich ist, beschreibt im absoluten Raum eine Gerade. Bezüglich der rotierenden Ebene bewegt er sich wie ein Punkt, der in einer Geraden gleichmässig fortschreitet, während diese um einen fest mit ihr verbundenen Punkt gedreht wird. Die Bahn wird also eine Spirale, in welcher der Körper beständig von seiner augenblicklichen Richtung nach rechts abweicht.

Ist der Körper durch einen elastischen, eben noch ungespannten Faden mit der Achse verbunden, um welche die ihn tragende glatte Scheibe nach links rotiert, so setzt er sich zunächst durch die Centrifugalkraft nach aussen in Bewegung; sobald er eine geringe centrifugale Geschwindigkeit hat, wird diese durch die Coriolis'sche Kraft nach rechts abgelenkt, die Geschwindigkeit wird schliesslich senkrecht zu dem nunmehr gespannten Faden, von da ab nähert sich der Körper in einem Bogen, der zu der bisherigen Bahn das Spiegelbild ist, wieder dem Centrum. Er kommt bei radial gewordener Bewegung für einen Augenblick zur Ruhe, wenn der Faden seine natürliche Länge wieder erreicht hat. Darauf wiederholt sich derselbe Vorgang, die Bahn setzt sich wie eine Epicykloide aus vielen kurzen Ranken zusammen, die einen Kreis umgeben. Giebt man dem Körper eine passende kleine Anfangs-

geschwindigkeit nach links, so kann die Bahn sich zu einer kleinen Ellipse, die wiederholt durchlaufen wird, schliessen.

Legt man in eine flache parabolische Schale einen kleinen Körper, so giebt es eine Rotationsgeschwindigkeit, bei welcher dieser an jeder Stelle in Ruhe verharrt, weil überall die Resultante der Schwere und der Centrifugalkraft senkrecht zur Oberfläche steht. Giebt man dann aber dem Körper eine Anfangsgeschwindigkeit, so beschreibt er nun einen kleinen Kreis, und kann diesen selbst aufzeichnen. Nach Sprung[2]), der diesen Versuch mit einer Kreidekugel angestellt hat, wird das Resultat durch die Reibung nur wenig beeinträchtigt.

2. Das sphärische Pendel.

Die sphärische Bahn eines Raumpendels besteht abwechselnd aus Teilen, wo das Pendel sinkt, und anderen, wo es wieder steigt. Zwei benachbarte Teile der Bahn sind durch einen tiefsten oder höchsten Punkt getrennt und einander symmetrisch gleich. Macht das Pendel sehr kleine Schwingungen, so ist die Projektion seiner Bahn fast eine Ellipse; die durch den Pendelfaden zu legende Vertikal-Ebene beschreibt dann, während das Pendel einmal sinkt und einmal steigt, einen Winkel von 180°. Puiseux hat bewiesen, dafs, wenn das Pendel beliebig grosse Bahnen beschreibt, der entsprechende Winkel für zwei auf einander folgende höchste Lagen des Pendels grösser als 180°, aber kleiner als 360° ist. Die letztere Grenze wird nahezu erreicht, wenn der Pendelfaden beständig fast wagerecht schwebt. Dieser Satz wird in den meisten Darstellungen der analytischen Mechanik nicht hergeleitet, obwohl immer die Formeln aufgestellt werden, aus denen man die Lage des Pendels für jeden Zeitpunkt soll berechnen können. Voigt[3]) beweist durch angenäherte Entwicklung der Integrale, dafs für kleine Schwingungen jener Winkel etwas grösser als 180° sein muss. Herschel[4]) glaubt mit Unrecht, dafs sich der Satz aus der Gestalt der Pendelbahn bei unendlich kleinen Schwingungen nach derselben geometrischen Methode leicht herleiten lasse, nach welcher er die Veränderung der Planetenbahnen durch störende Kräfte entwickelt. Wir wollen den Satz aus der Betrachtung einiger spezieller Fälle so deutlich machen, dafs man an seiner Allgemeingültigkeit nicht zweifeln wird.

Statt eines Fadenpendels denken wir uns einen kleinen schweren Körper, der in einer grossen Hohlkugel leicht gleiten kann. Zur leichten Ortsbezeichnung nehmen wir auf der Hohlkugel einen horizontalen Äquator, Meridiane, einen Nord- und einen Südpol an. Legt man den kleinen Körper ohne Anfangsgeschwindigkeit in einen Punkt der unteren Halbkugel, so gleitet er zu dem Südpol hin und steigt auf der anderen Seite wieder zu der alten Höhe auf. Erhält er aber eine sehr kleine horizontale Anfangsgeschwindigkeit, so kann sich seine Bahn nur sehr wenig ändern, also wird der Winkel, um den sich der durch das Pendel zu legende Meridian dreht, bis der höchste Punkt erreicht ist, auch etwa 180° sein. Giebt man dagegen dem Körper in der früheren Anfangslage eine ausserordentlich grosse horizontale Anfangsgeschwindigkeit, so muss er fast einen grössten Kreis um die Kugel beschreiben, der Anfangspunkt ist dann ein tiefster Punkt der Pendelbahn, und in seiner Nähe erreicht der Körper zum zweiten Mal einen tiefsten Punkt. Der Meridian des Pendels hat sich dann zwischen zwei gleichartigen Scheiteln der Bahn um 360° gedreht.

Besonders erörtern wir noch den Fall, wo der Ausgangspunkt auf dem Äquator liegt. Durch die grosse wagerechte Anfangsgeschwindigkeit v allein, ohne Einwirkung der Schwere, würde das Pendel veranlasst, gleichmässig den Äquator zu durchlaufen. Wir denken uns nun, dafs die Schwere in einzelnen Impulsen wirkt, die je nach $1/n$ sek. erfolgen. Da die Bahn immer noch in der Nähe des Äquators liegen wird, so ist die längs der Kugelfläche wirkende Componente von der ganzen Schwerebeschleunigung g nicht zu unterscheiden. Der erste Impuls der Schwerkraft erfolgt, wenn der Körper die Strecke v/n zurückgelegt hat, und bewirkt, dafs die Bahn in einen neuen grössten Kreis übergeht, der von der Ver-

[2]) Poggendorffs Annalen, Neue Folge, XIV, 1881. S. 128. Die dort gegebene Ableitung der Trägheitsbahn am Pol ist sehr beachtenswert.

[3]) Elementare Mechanik, S. 67.

[4]) Outlines of astronomy, art. 692, 693.

längerung der bisherigen Bahn um g/nv abweicht. Die neue Geschwindigkeit ist von v nur unerheblich verschieden, weil der Impuls senkrecht erfolgte. Die Lage der neuen Bahn lässt sich am besten durch ihren Pol P_1 angeben, der von P um g/nv in einer zum Anfangsmeridian senkrechten Richtung entfernt ist (Fig. 2). Nach wieder $^1/_n$ sek. erfolgt ein neuer Impuls P_1 durch den die Bahn in den grössten Kreis mit den Pole P_2 übergeht, so dass $P_1 P_2 = g/nv \perp P_1 Q_1$. Da das Polygon $P P_1 P_2$.. in der Nähe des Nordpols sehr klein ist, und da seine Seiten auf den nach Q, Q_1,.. zu ziehenden Bogen senkrecht stehen, so ändert sich die Richtung des Weges $P P_1 P_2$.. an jeder Ecke um den Winkel $Q P Q_1$ oder, wenn M den Mittelpunkt der Kugel bedeutet, $Q M Q_1 = v/nr$. Das kleine Polygon ist daher nahezu regulär, der Radius ϱ des umschriebenen Kreises ist gleich dem Quotienten einer Seite und des Centriwinkels, also

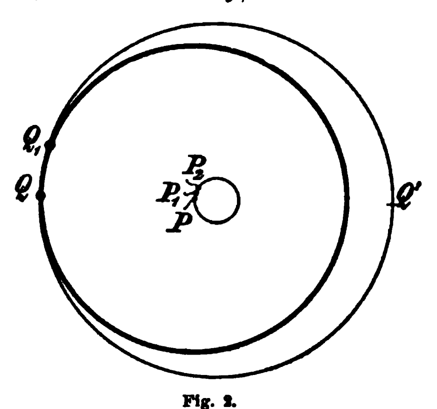


Fig. 2.

$$\varrho = \frac{g}{nv} : \frac{v}{nr} = \frac{gr}{v^2}.$$

Die Bahn $Q Q_1 .. Q'$.. ist die in 90° Abstand zu $P P_1 P_2$.. gelegte Parallelkurve, sie ist also ein kleiner Kreis, der in Q den Äquator berührt, in Q' um 2ϱ unterhalb desselben liegt[5]). Der Meridian, der das Pendel von einer höchsten Lage zur nächsten begleitet, dreht sich also um 360°. Bemerkenswert ist noch, dafs dieselbe Gleichung auch die Bedingung bildet, unter welcher ein konisches Pendel mit der constanten Geschwindigkeit v einen Kegel beschreiben kann, dessen Seiten um ϱ gegen die Wagerechte geneigt sind, sodafs seine Höhe zwischen den äussersten Lagen des Raumpendels die Mitte hielte.

Die Bewegung eines konischen Pendels lässt sich auch dadurch herbeiführen, dafs man einen kleinen Körper in eine Kugelschale legt, die um eine vertikale Achse rotiert. Ist Reibung vorhanden, und ist die Rotation nicht zu langsam, so hat der Körper bald eine Lage an der abschüssigen Kugelfläche gefunden, wo er in relativem Gleichgewicht verharrt. Im absoluten Raum beschreibt er einen Kreis wie der Körper eines Fadenpendels, die Spannung des Fadens wird durch den Widerstand der Kugelschale ersetzt. Die Bedingung für das relative Gleichgewicht eines Körpers, der vom Äquator den Bogenabstand φ hat, ist, dafs die Projektionen der Centrifugalkraft und der Schwerkraft auf die Kugelfläche sich aufheben. Erstere ist $r \cos\varphi\, \vartheta^2 \sin\varphi = {}^1/_2\, r \sin 2\varphi\, \vartheta^2$ und wirkt aufwärts; letztere ist $g \cos\varphi$. Also muss sein $r\vartheta^2 \sin\varphi = g$. Rückt man das Pendel ein wenig aufwärts in die Breite $\varphi - \varepsilon$, also um die Strecke $x = r\varepsilon$, so erteilen die nunmehr wirkenden Kräfte aufwärts die Beschleunigung $X = {}^1/_2\, r \sin(2\varphi - 2\varepsilon)\, \vartheta^2 - g \cos(\varphi - \varepsilon)$ oder entwickelt: $X = {}^1/_2\, r \sin 2\varphi\, \vartheta^2 - g \cos\varphi - \varepsilon\,(r \cos 2\varphi\, \vartheta^2 + g \sin\varphi)$. Der erste Teil ist null, weil die obige Gleichung für das konische Pendel durch φ und ϑ erfüllt wird, der zweite Teil wird, wenn man den dort zu entnehmenden Wert von g einsetzt: $X = -\varepsilon r (\cos 2\varphi \cdot \vartheta^2 + \sin\varphi^2\, \vartheta^2) = -x\, \vartheta^2 \cos\varphi^2$. Das negative Vorzeichen zeigt, dafs die Beschleunigung thatsächlich nach unten gerichtet ist, wenn man den Körper nach oben gerückt hat, und umgekehrt. An sich würde diese Kraft ein Pendeln längs des Meridians, um den Parallelkreis φ herum, unterhalten. Beginnt nun aber die Bewegung, so erregt sie eine Kraft, die nach rechts ablenkt, nicht etwa für die Beobachtung von der Achse her, sondern für jemanden, der sich bei vertikaler Haltung in der Richtung der vorhandenen Geschwindigkeit v fortbewegt. Durch die ablenkende Kraft wird die Geschwindigkeit horizontal, schliesslich aufwärts gerichtet, sodafs der Körper seine alte Höhe, ein wenig links von seiner früheren Stellung, von der Achse aus gesehen, wieder erreicht. Da ε sehr klein angenommen wurde, so ist die Bahn sehr

[5]) Die Figur stellt die Kugelfläche so dar, wie sie sich vom Südpol aus auf die erweiterte Ebene des Äquators projiziert.

klein, und wir können den Bezirk der Kugelfläche, auf der sie liegt, als eben betrachten, und ihn auf rechtwinklige Achsen, OX aufwärts, OY nach links (von der Achse aus gesehen), beziehen. Es ist auch leicht einzusehen, dafs, wenn man dem Körper nicht nur durch Hinaufrücken eine neue Anfangsstellung, sondern auch durch einen Stofs nach rechts eine passende Anfangsgeschwindigkeit giebt, diese in Verbindung mit der Rechtsablenkung die Bahn des Auf- und Abpendelns in eine geschlossene Kurve, etwa eine kleine Ellipse, verwandeln kann, die dann wiederholt durchlaufen wird.

Den Einfluss der Coriolis'schen Kraft genau anzugeben, erfordert hier eine kleine, auch später sehr wichtige, Nebenbetrachtung. Hat der Körper in der Breite φ eine horizontale Geschwindigkeit u nach links, so fällt die Coriolis'sche Kraft $2u\vartheta$ in die erweiterte Ebene des Parallelkreises, durch die Projektion auf die Kugelfläche erhält man die wirksame Componente $2u\vartheta\sin\varphi$ aufwärts. Hat der Körper in Richtung des Meridians aufwärts die Geschwindigkeit v, so hat das aus ϑ und v gebildete Parallelogramm den Inhalt $v\vartheta\sin\varphi$, die Richtung der Kraft $2v\vartheta\sin\varphi$ fällt in die Kugelfläche, und geht wagerecht nach rechts. Da nun jede mögliche Geschwindigkeit w in u und v zu zerlegen ist, so ist immer die in die Kugelfläche fallende Componente der Coriolis'schen Kraft $= 2w\vartheta\sin\varphi$, und zwar, wenn ϑ positiv, so, dafs sie auf der vorhandenen Geschwindigkeit senkrecht steht und sie nach rechts abzulenken sucht.

Der bewegliche Punkt erhält daher zwei Beschleunigungen, $X_1 = -\vartheta^2\cos\varphi^2 . x = -\alpha x$, die dem Abstande von dem Parallelkreis proportional und nach diesem hin gerichtet ist; $X_2 = 2\sin\varphi\,\vartheta . v = \beta v$, die nach rechts ablenkt.

Wir wollen beweisen, dafs die Bahn eine Ellipse sein kann, wenn man diese auch gewöhnlich nur als Bahn eines Punktes kennt, auf den nur eine der Entfernung proportionale Centralkraft wirkt. Die Ellipse sei durch die Bewegung des Teilpunktes C der Strecke AB beschrieben, deren Endpunkte auf OX und OY gleiten (Fig. 3). Ändert sich die Richtung von AB gleichmäfsig mit der Geschwindigkeit σ, so beschreiben auch die Projektionen von C auf die Achsen, z. B. der Punkt F, Pendelbewegungen, da OF die Projektion der Strecke BC ist, deren Richtung sich wie die von AB gleichmäfsig ändert. Bekanntlich ist die Bewegung der Strecke AB in jedem Augenblicke eine Rotation um D, die Geschwindigkeit des Punktes C ist daher dieselbe, als ob er mit der Winkelgeschwindigkeit σ um D rotierte, also $v = DC . \sigma \perp DC$.

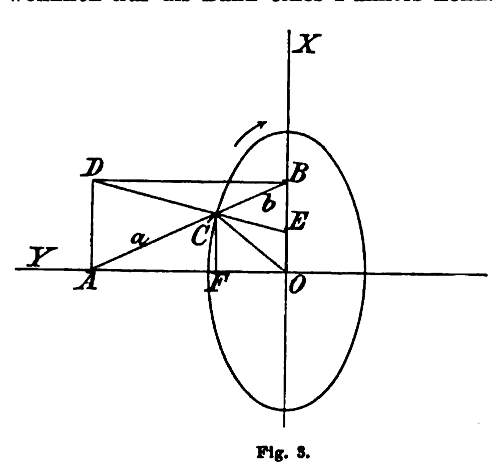


Fig. 3.

Betrachtet man die Pendelbewegung in der Ellipse als Projektion einer Kreisbewegung, so wird ein Quadrant des Kreises wie ein Quadrant der Ellipse in der Zeit beschrieben, in der die Strecke AB aus der wagerechten in die senkrechte Lage übergeht. Der den Kreis durchlaufende Punkt hat daher die Winkelgeschwindigkeit σ, die erforderliche Centripetalbeschleunigung ist $r\sigma^2$. Für den Punkt C, der die Ellipse beschreibt, ist die entsprechende Beschleunigung $K = CO . \sigma^2$ in der Richtung CO. Nun ist nach geometrischer Addition $CO = EO + CE$, also lässt sich K aus 2 Kräften K_1, K_2 zusammensetzen, deren eine, K_1, parallel der X-Achse, dem Vektor EO entspricht, während die andere, K_2, parallel zu CE, die Richtung der Normalen hat.

Ferner ist nach der Figur, wenn a und b die Abschnitte von AB sind,

$$EO = BO - BE = BO - \frac{b}{a} DA = BO\left(1 - \frac{b}{a}\right)$$

und

$$CF = BO . \frac{a}{a+b},$$

woraus folgt

$$EO : CF = \left(1 - \frac{b}{a}\right)\left(1 + \frac{b}{a}\right).$$

Demnach wird

$$K_1 = EO \, . \, \sigma^2 = CF \, . \, \sigma^2 \left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right).$$

Diese Kraft ist dem Abstande des Punktes C von der Y-Achse proportional.

Die andere Kraft K_2 ist der Geschwindigkeit v proportional, denn es ist

$$CE = \frac{b}{a} DC = \frac{b}{a} \cdot \frac{v}{\sigma},$$

folglich

$$K_2 = CE \, . \, \sigma^2 = \frac{b\sigma}{a} v.$$

Hiernach lassen sich K_1 und K_2 mit X_1 und X_2 identifizieren, indem man setzt

$$\left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right)\sigma^2 = \alpha = \vartheta^2 \cos \varphi^2$$

$$\frac{b}{a}\sigma = \beta = 2\,\vartheta \sin \varphi,$$

woraus sich ergiebt:

$$\sigma^2 = \vartheta^2 (\cos \varphi^2 + 4 \sin \varphi^2), \qquad \frac{b}{a} = \frac{2 \sin \varphi}{\sqrt{\cos \varphi^2 + 4 \sin \varphi^2}}, \qquad (r\,\vartheta^2 \sin \varphi = g).$$

Die Zeit T, in der die kleine Ellipse einmal durchlaufen wird, ist zugleich diejenige, in der im absoluten Raum das Pendel von einem höchsten Punkt seiner Bahn zu dem folgenden übergeht. Sie ist $T = 2\pi/\sigma$. In dieser Zeit dreht sich der das Pendel begleitende Meridian um den PUISEUX'schen Winkel

$$\Pi = \frac{2\pi}{\sigma}\vartheta = \frac{2\pi}{\sqrt{\cos \varphi^2 + 4 \sin \varphi^2}}.$$

Schwingt das Pendel niedrig, so ist φ fast $= 90°$, $\Pi = \pi$. Schwingt es hoch, so ist φ fast $= 0°$, $\Pi = 2\pi$. Das Verhältnis b/a ist in jenem Falle fast $= 1$, im letzten $= 0$, was sich daraus erklärt, dafs die ablenkende Kraft wegen des Coëffizienten $2\,\vartheta \sin \varphi$ dort, bei Bewegungen am Äquator, klein, hier, in der Nähe des Südpols, grofs ist.

Die Geschwindigkeit des Punktes C, wenn er den höchsten Punkt der Ellipse passiert, ist $= b\sigma$ und nach rechts gerichtet. Nimmt man nun an, dass, während C die Ellipse beschreibt, diese selbst mit der Geschwindigkeit $b\sigma$ nach links verschoben wird, so geschieht es, dafs jedesmal, wenn der beschreibende Punkt die höchste Lage passiert, seine absolute Geschwindigkeit $= 0$ wird, seine Bahn besteht dann aus vielen herabhängenden Bogen, deren aufwärts gekehrte Spitzen in gleichen Abständen auf einer Horizontalen verteilt sind. Diese Bewegung erfordert an sich, dafs auf den Punkt C dieselben Kraftimpulse ausgeübt werden, wie früher, wo die Ellipse ruhte. Nun wird aber die Kraft K_2 aus der jedesmaligen Geschwindigkeit abgeleitet, und da zu dieser die nach links gerichtete Componente $b\sigma$ hinzugekommen ist, so vermehrt sich die daraus nach CORIOLIS hervorgehende Beschleunigung um die Componente $b\beta\sigma$, die nach oben gerichtet ist. Soll daher die gesamte Kraft unverändert bleiben, so muss zu der Kraft K_1 eine Componente hinzukommen, welche nach unten die Beschleunigung $b\beta\sigma$ erteilt. Das geschieht aber, wenn man die nach links fortschreitende Ellipse um die Strecke x_1 hebt, die man so bestimmt, dass $\alpha x_1 = \beta b \sigma$ ist, woraus $x_1 = 4a \cos \varphi^2$ wird. Für $\varphi = 63° \, 30'$ wird $x_1 = a$, so dass die Kurvenranken nur gerade bis zu dem Parallelkreis φ herabreichen. Liegt die Pendelbahn höher, so ist x_1 kleiner, die Ranken schneiden den Parallelkreis, auf dem das Gleichgewicht möglich wäre. Liegt die Pendelbahn tiefer, so erreichen sie ihn nicht. Beginnt der Körper seine Bahn ohne Anstofs von einem Punkte unterhalb der Gleichgewichtslage, so sind die Spitzen der Ranken nach unten gekehrt, und das Fortschreiten längs des Parallelkreises geschieht in entgegengesetzter Richtung. Die Kraft K_2 könnte auch durch den Widerstand der Bahn ersetzt werden, wenn man den Körper zwänge, auf einer passenden Ellipse oder Rankenlinie zu laufen.

3. Bewegungen an der Erdoberfläche.

Wenn ein Körper auf der glatten Erdoberfläche, etwa ein Eisstück auf einem zugefrorenen See, durch einen Stoss die Geschwindigkeit v erhält, so bewegt er sich nicht geradeaus, wie man es zur Erläuterung des Galilei'schen Beharrungsgesetzes oft versichert. Die Schwere und die Centrifugalkraft geben eine zur Oberfläche des Erdsphäroids genau senkrechte Resultante, die auf die Bewegung nur sekundär einwirken könnte, indem die etwa erzeugte Reibung die Geschwindigkeit verminderte. Die für horizontale Bewegungen wirksame Componente der Coriolis'schen Kraft sucht, wie im vorigen Abschnitt bewiesen, die vorhandene Bewegung nach rechts abzulenken, sie erteilt in der geographischen Breite φ die Beschleunigung $2 v \vartheta \sin \varphi$ senkrecht zu der Richtung von v. Da diese ablenkende Kraft die Richtung der Normale beibehält, so ändert sie nicht die Grösse der Geschwindigkeit, sondern nur deren Richtung, und zwar in der Zeit dt um $2 v \vartheta \sin \varphi dt / v$, also in 1 Sek. um $2 \vartheta \sin \varphi$. Bewegt sich auf einer Ebene ein Punkt mit gleichförmiger Geschwindigkeit, und ändert sich dabei seine Richtung gleichmässig, so wird die Bahn ein Kreis, der sich schliesst, sobald die Richtung des Weges wieder die alte geworden ist. Er wird also in der Zeit $T = 2\pi / 2\vartheta \sin \varphi$ beschrieben, hat daher den Umfang $\pi v / \vartheta \sin \varphi$ und den Radius $v / 2\vartheta \sin \varphi$. Dies wird auch für die Bewegung auf der Erdoberfläche zutreffen, wenn die Geschwindigkeit v so mässig ist, dass man den Bezirk, in dem die Bewegung sich vollzieht, als eben ansehen kann.

Schell glaubt irrtümlich (l. c. Bd. I, S. 533), dafs dieses auch von ihm abgeleitete Resultat für die Nähe des Pols aufser Kraft trete. Er findet aus einer für diesen Fall besonders eingerichteten Näherungsrechnung als Bahn eine Archimedische Spirale. Das rührt daher, dafs er die Erdoberfläche dort als Ebene ansieht, die scheinbare Schwere aber aus einer zu jener Ebene immer senkrechten Attraktion und der Centrifugalkraft zusammensetzt. Unter dieser Annahme wäre aber die Erdoberfläche keine Niveaufläche zur scheinbaren Schwerkraft, woran durchaus festzuhalten ist. (Vgl. die Bemerkung zu der Aufgabe von Fuchs, Bd. IX, S. 285.)

Da die Winkelgeschwindigkeit ϑ der Erde einer Umdrehung in 86164 Sek. (Sonnenzeit) $= 24^h$ (Sternzeit) entspricht, so ist $2\pi / \vartheta = 24^h$, also $T = 12^h / \sin \varphi$, am Pole 12^h, in der Breite von Berlin 15^h. Am Äquator findet eine Ablenkung der geradlinigen Bewegung nicht statt. Die in 1^h eintretende Richtungsänderung ist $= 30^\circ \sin \varphi$, sie ist unabhängig von der Geschwindigkeit, behält daher auch dann noch diesen Wert, wenn durch Reibung oder Luftwiderstand die Bewegung allmählich verlangsamt wird, ein Resultat, welches Bruns 1883 auf anderem Wege direkt aus den Grundgleichungen der Mechanik abgeleitet hat. (*Mathematische Annalen Bd. XXII, S. 296—298.*) Gleitet ein Körper von einer schiefen Ebene mit geringer Reibung herab, so nimmt seine Geschwindigkeit zu, die Krümmung der Bahn nimmt ab. Wird die Beschleunigung durch Widerstände aufgehoben, wie bei den Wassermassen, die durch ein Flussbett strömen, so bleibt die Krümmung constant. Man will hieraus ableiten, dass manche Flüsse auf der nördlichen Halbkugel einen nach rechts, auf der südlichen einen nach links gekrümmten Lauf haben, ferner dass einige Ströme, z. B. Elbe, Weser, Seine, Themse, Donau, Wolga ihre in flachem Lande liegende Mündung allmählich nach rechts verschieben, bis ihnen Hügelreihen Widerstand bieten. Vielleicht erklärt sich daraus auch die vor Zeiten erfolgte Veränderung im Laufe von Oder und Weichsel. Die Krümmung der Bahnen der Luftteilchen, welche auf der nördlichen Halbkugel von einem barometrischen Maximum wegströmen, bewirkt, dass die Luftmasse um das Maximum im Sinne des Uhrzeigers rotiert, die Bahnen der Luftteilchen, die in ein barometrisches Minimum einströmen, sind so gekrümmt, dass die Luftmasse eine Wirbelbewegung gegen den Uhrzeiger annimmt. Es wird auch behauptet, dass die äusseren Schienen von zweigeleisigen Eisenbahnen, auf denen die Züge immer rechts fahren, sich allmählich nach aussen verschieben. Vielfach werden ganz unverständliche Berechnungen reproduciert, welche diese Wirkung für die in Richtung des Meridians laufende Eisenbahn Harburg-Hamburg in Pferdekräften ausdrücken sollen. Sollte das dort beobachtete Nachgeben der Schienen wirklich in der Erdrotation seinen Grund haben, und nicht etwa in der nach aussen hin natürlich abnehmenden Festigkeit des die

Geleise tragenden Bahndammes, so müsste man ein ähnliches Weichen der äusseren Schienen an allen Eisenbahnen beobachten, denn die ablenkende Kraft der Erdrotation ist nicht, wie Hadley und Dove annahmen, auf die nach Norden oder Süden gerichteten Componenten von Bewegungen beschränkt.

Wird eine Gewehrkugel mit der Geschwindigkeit $v = 500$ m in geringer Elevation abgeschossen, so wirkt auf sie während des Fluges die volle Coriolis'sche Kraft. Die vertikale Componente ändert ein wenig die Flugweite, ohne die vertikale Flugebene zu verändern, die horizontale, $2 v \vartheta \sin \varphi$, giebt eine zur Flugebene senkrechte Geschwindigkeit, $2 v \vartheta \sin \varphi . t$, und bewirkt, dass die Scheibe um $v \vartheta \sin \varphi . t^2$ rechts von der Vertikalen getroffen wird, auf die gezielt wurde. Für 500 m Scheibenabstand sind dies in der Breite $52^1/_2{}^0$ etwa 3 cm, für 1500 m Abstand etwa 30 cm Ablenkung. Kommt die Kugel aus einem gezogenen Lauf, dessen Züge immer rechts gewunden sind, so entsteht aus der Einwirkung des Luftwiderstandes auf die kreiselartige Rotation der Kugel eine zweite Ablenkung nach rechts, die sich zu der vorigen addiert. Auf den Schiessplätzen der südlichen Halbkugel könnten sich die Ablenkungen durch die Erdrotation und durch den Drall des Laufs bisweilen gegenseitig aufheben.

Schon bei 1 m Geschwindigkeit erhält der Kreis, den ein Körper auf der glatten Erdoberfläche in der Breite von Berlin beschreibt, den Umfang von 54 km, er wird daher schon bei mässigen Geschwindigkeiten so gross, dass man die von ihm eingeschlossene Erdoberfläche als eine Kugelkalotte zu betrachten hat. Ihr sphärischer Radius sei $= \varrho$, der Radius der Kugel R. Legt man an die Kugel einen Tangentialkegel, der sie längs des Kreises berührt, so ist die Seite desselben $= R \operatorname{tg} \varrho$. Ist S die Spitze des Kegels, sind ferner $P_1, P_2, P_3 \ldots$ die Örter des Körpers nach kurzen Zeiträumen dt, so ist leicht zu sehen, dafs in den entstehenden gleichschenkligen Dreiecken SP_1P_2, $SP_2P_3 \ldots$ die Winkel an der Spitze ebenso gross sind, wie die Richtungsänderungen des Weges beim Übergang von P_1P_2 auf P_2P_3. Ist daher kurz $v\omega$ die von der ablenkenden Kraft hervorgebrachte Beschleunigung, so ist ωdt der Winkel an der Spitze, also folgt aus dem gleichschenkligen Dreieck $R \operatorname{tg} \varrho = vdt / \omega dt = v / \omega$ statt der früheren Gleichung $r = v / \omega$. Teilt man nun die Erde in Zonen von je 1^0 Breite, und legt jeder Zone einen mittleren Wert der geographischen Breite φ bei, so kann man aus $R \operatorname{tg} \varrho = v / 2 \vartheta \sin \varphi$ für jede den sphärischen Radius ϱ der kreisförmigen Bahn berechnen, wenn v gegeben ist. Die Bahn ist dann aus vielen Kreisbogen so zusammenzusetzen, dass keine unstetigen Richtungsänderungen vorkommen. Trifft sie den Äquator, so besteht sie aus einer Reihe congruenter Bogen, nördlich und südlich desselben, in denen sie sich abwechselnd nach rechts und nach links krümmt.

Zu den Aufgaben dieses Abschnittes kann man auch das Foucault'sche Pendel ziehen, wenn man sich auf kleine Schwingungen beschränkt. Zwar wirkt auch hier ausser der scheinbaren Schwerkraft g die volle Coriolis'sche Kraft, aber ihre vertikale Componente bewirkt nur eine geringfügige periodische Veränderung von g, die beim Hinschwingen und Herschwingen entgegengesetzte Zeichen hat. Da nun die Kraft, durch welche die Projektion eines eben schwingenden Pendels als selbstständiger Massenpunkt schwingen könnte, selbst nur ein geringer Bruchteil von g ist, so kann die Veränderung von g unbeachtet bleiben. Legt man die Y-Achse in die anfängliche Schwingungsrichtung der Pendelkugel, so erfolgt die Schwingung an sich nach dem Gesetz $y = \cos nt$, $t = 0 \ldots \pi/n$, woraus $y' = -n \sin nt$. Setzen wir wieder den Coefficienten der ablenkenden horizontalen Componente der Coriolis'schen Kraft $= \omega = 2 \vartheta \sin \varphi$, so hätten wir, im Sinne der X-Achse, die Beschleunigung $\omega y'$, diese ergäbe die Geschwindigkeit $x' = 2 \omega (\cos nt - 1)$ und endlich die Ablenkung $x = \omega (\sin nt/n - t)$, also wäre am Ende der ersten einfachen Schwingung $x = -\omega \pi / n$ für die Zeit $t = \pi / n$, die Pendelebene drehte sich also mit der Winkelgeschwindigkeit ω nach rechts, am Pole stündlich um 30°. Dieses Resultat ist falsch. Das Pendel folgt nicht, wie früher die Büchsenkugel, frei der Einwirkung der ablenkenden Kraft, es setzt ihr Widerstand entgegen, da ja auch eine Ausweichung im Sinne der X-Achse eine Kraft erregt, welche das Pendel in die Gleichgewichtslage zurücktreibt. Wie für die Schwingung im Sinne der Y-Achse $y'' = -n^2 y$,

so ist für die ungestörte Schwingung parallel zur X-Achse $x'' = -n^2 x$, und wir haben deshalb zur richtigen Bestimmung der durch die Coriolis'sche Kraft verursachten Ablenkung $x'' = -n\omega \sin nt - n^2 x$, hieraus ergiebt sich $2nx = n\omega t \cos nt - \omega \sin nt$, daher für das Ende der ersten Schwingung, d. h. für $t = \pi/n$, der Wert $x = -\omega\pi/2n$. Die Pendelebene dreht sich daher mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega/2 = \vartheta \sin \varphi$, am Pol in 1^h um 15°, in Berlin um 12°.

Diese Ableitung zeigt auch ohne die hinzugefügten Resultate der Rechnung, dafs sich die Bewegung des Pendels in beliebiger Breite von der am Pol nur insofern unterscheidet, als $\vartheta \sin \varphi$ an Stelle der absoluten Winkelgeschwindigkeit ϑ der Erdrotation zu setzen ist. Die Bewegung am Pole lässt sich aber, indem man sie zunächst im absoluten Raume auffasst[6]), leicht geometrisch erledigen. Man gelangt zu dem Resultat, dafs das Pendel seine Bahn gerade so beschreibt, wie ein Punkt der Ebene eines Kreises, der in einem fast doppelt so grossen Kreise rollt. Wir wollen dies hier verifizieren, indem wir die zu letzterer Bewegung erforderlichen Kräfte aufsuchen. In dem grofsen Kreise vom Radius a rolle ein kleiner vom Radius b (Fig. 4). Der Berührungspunkt C habe auf dem grofsen Kreise die Winkelgeschwindigkeit σ. Der kleine Kreis oder ein auf ihm hervorgehobener Radius, etwa der durch P, dreht sich gleichmäfsig mit der Winkelgeschwindigkeit τ. Der Mittelpunkt des rollenden Kreises komme in der Zeit dt von B nach B_1. Da der Radius AC die Winkelgeschwindigkeit σ hat, und $AB = a - b$ ist, so ist $BB_1 = (a-b)\sigma dt$. Fasst man das Rollen als augenblickliche Rotation um C auf, so beschreibt $CB = b$ mit der Winkelgeschwindigkeit τ den Bogen BB_1 in der Zeit dt, also $BB_1 = b\tau dt$. Vergleicht man beide Werte, so folgt $\sigma(a-b) = b\tau$.

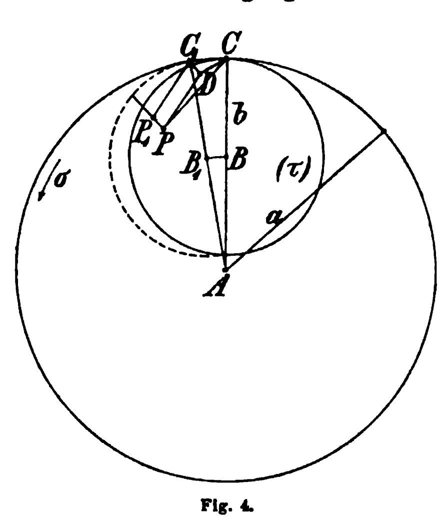


Fig. 4.

Der Punkt P beschreibt eine allgemeine Hypocykloide. Er hat infolge der augenblicklichen Rotation um C die Geschwindigkeit $PC.\sigma \perp PC$ (wobei die Senkrechte zu PC von der Richtung PC nach links abweichen soll). Kurz darauf hat er die Geschwindigkeit $P_1C_1 \cdot \sigma \perp P_1C$.

Die beiden Geschwindigkeiten lassen sich also, vorbehaltlich der Drehung um 90° nach links und der Multiplikation mit σ, darstellen durch die Vektoren PC und P_1C_1. Zieht man den Vektor $PD = P_1C_1$, so stellt der Vektor $CD = CC_1 + C_1D$ (geometrisch addiert) $= CC_1 + P_1P$ den Impuls dar, der die eine Geschwindigkeit in die andere überführt. Der erste Teil, CC_1, kommt durch Drehung um 90° in die Richtung CA, er ist an Grösse $= CA . \sigma dt$, durch die vorbehaltene Multiplikation mit σ ergiebt sich also als erster Bestandteil des Impulses (I) $= CA . \sigma^2 dt$ nach Grösse und Richtung. Der zweite Teil war unter Vorbehalt dargestellt durch den Vektor P_1P, der an Grösse gleich $PC.\tau.dt$ ist. Durch Drehung um 90° erhält er die Richtung P_1C_1 oder PC, so dass nach Multiplikation mit σ der zweite Bestandteil genau dargestellt ist durch (II) $= PC.\sigma\tau.dt$. Die zur Bewegung des Punktes P erforderliche Beschleunigung ist somit dargestellt durch den Vektor $V = CA \cdot \sigma^2 + PC \cdot \sigma\tau$, oder, wenn man geometrisch $CA = CP + PA$ setzt,

$$V = PC(\sigma\tau - \sigma^2) + PA \cdot \sigma^2$$

Hier deutet $PA \cdot \sigma^2$ auf eine dem Abstande des beweglichen Punktes P von dem festen A proportionale Centralkraft, der erste Summand deutet auf eine der Geschwindigkeit proportionale, normal zu ihr nach rechts ablenkende Kraft, denn die Geschwindigkeit ist $v = \frac{PP_1}{dt} = PC \cdot \tau \perp PC$.

[6]) Vergl. ds. Ztschr. *I* 71.

Um diese Kräfte mit denen zu identifizieren, die bei dem FOUCAULT'schen Pendel auftreten, ist zu setzen, wenn l die Länge des Pendels:

$$\frac{\sigma\tau - \sigma^2}{\tau} = 2\,\vartheta \sin\varphi = \omega, \; \sigma^2 = \frac{g}{l},$$

woraus $$\frac{\tau}{\sigma} = \frac{\sigma}{\sigma - \omega}, \text{ also } \frac{a-b}{b} = \frac{\sigma}{\sigma - \omega}, \; \frac{a}{b} = \frac{2\sigma - \omega}{\sigma - \omega} \text{ folgt.}$$

Soll das Pendel aus der gröfsten Elongation ohne Stoss seine Schwingungen beginnen, so muss man P an der Peripherie des rollenden Kreises annehmen. Bei einmaligem Abrollen geht dann P auf einem sehr flachen Bogen von einer Spitze der Hypocykloide zur nächsten über, dabei schreitet der Berührungspunkt C um die Strecke $2\pi b$ auf dem grofsen Kreise fort, also dreht sich der Radius AC um den Winkel $2\pi b / a = \pi - \pi\omega / (2\sigma - \omega)$, oder die Pendelebene dreht sich um $\pi\omega / (2\sigma - \omega)$. Da die lineare Geschwindigkeit des Punktes C auf dem grossen Kreise $= a\sigma$ ist, so geschieht diese Drehung in der Zeit $2\pi b / a\sigma$. Die Drehung in 1 Sek. ergiebt sich daraus zu $\sigma\omega / (2\sigma - 2\omega)$, d. h. praktisch, im Bereiche der festgehaltenen Genauigkeit, $= \omega / 2 = \vartheta \sin\varphi$.

4. *Abweichung fallender Körper.*

Um die relative Bewegung eines fallenden Steines genau zu erhalten, hat man aufser der Erdattraktion noch die Centrifugalkraft und die CORIOLIS'sche Kraft in Rechnung zu ziehen. Die beiden ersten geben eine zur Erdoberfläche senkrechte Resultante, die scheinbare Schwere g, deren Richtung für die ganze Fallhöhe als unveränderlich gelten kann. Hat diese Kraft dem Körper eine Geschwindigkeit erteilt, $v = g\,t$, so entsteht eine ablenkende CORIOLIS'sche Kraft. Zieht man von der augenblicklichen Lage des fallenden Körpers aus zwei Vektoren, ϑ in Richtung der Weltachse, etwa den schattenwerfenden Stift einer Sonnenuhr, und v in Richtung der Geschwindigkeit, so bilden diese in der Breite φ den Winkel $90^0 + \varphi$ miteinander, ergeben also ein Parallelogramm von der Fläche $\vartheta v \cos\varphi$. Versetzt man sich in den ersten Vektor und blickt in Richtung des zweiten, so hat man rechts Osten, folglich erteilt die ablenkende Kraft nach Osten die Beschleunigung $x'' = 2\,v\vartheta\cos\varphi = 2g\vartheta\cos\varphi\,t$. Hierdurch entsteht in t Sek. die Geschwindigkeit $x' = g\,\vartheta\,\cos\varphi\,t^2$, die Ablenkung nach Osten beträgt daher $x = {}^1/_3\,g\vartheta\cos\varphi\,t^3 = {}^2/_3\,h\,\vartheta\,t\cos\varphi$, angenähert $= h\,t\cos\varphi / 21\,000$, wenn $h = {}^1/_2\,g t^2$ die Fallhöhe bedeutet. Sobald eine östliche Geschwindigkeit x' entstanden ist, dient, streng genommen, auch diese wieder als Grund für die Einmischung einer neuen CORIOLIS'schen Kraft. Construiert man aus den Vektoren ϑ und x' ein Parallelogramm, so hat die Ebene desselben eine geneigte Lage, die Richtung der CORIOLIS'schen Kraft geht nach Süden und aufwärts, nämlich nach dem höchsten Punkte des Himmelsäquators. Die neue Kraft verringert daher die Schwere und giebt eine Ablenkung nach Süden. Wie aber schon die östliche Abweichung ein geringer Bruchteil der Fallhöhe ist, so wird die südliche Ablenkung wieder nur ein entsprechend geringer Bruchteil der östlichen sein, also eine Gröfse, deren Berechnung ohne physikalischen Wert ist.

Wird eine Kugel senkrecht aufwärts geworfen und erreicht sie die Höhe h, so ergiebt eine entsprechende Behandlung, dafs der Punkt, wo sie niederfällt, um ${}^8/_3\,h\,\vartheta\,t\cos\varphi$ nach Westen liegt. Ein mit 500 m Geschwindigkeit unter 45° Breite aufwärts geschleudertes Geschofs fällt etwa 84 m westlich vom Ausgangspunkt nieder, nicht aber 155 m in fast südwestlicher Richtung, wie HOPPE [7]) analytisch gefunden hat.

Man sieht hier unzweifelhaft, dafs die Ablenkung bei dem Fall in beliebiger Breite wie am Äquator rein östlich ist, und dafs ihre Grösse sich von der am Äquator nur dadurch unterscheidet, dafs statt des Coeffizienten ϑ der Wert $\vartheta\cos\varphi$ zu setzen ist. Man kann daher für das Folgende annehmen, dafs es sich um ein Fallen am Äquator handele.

Läfst man am Äquator einen Stein vom Söller eines Turmes fallen, so hat er, für den absoluten Raum, eine Anfangsgeschwindigkeit von 465 m. Die Bewegung wird durch das

[7]) Archiv f. Math. u. Phys. 64, S. 96, 1879.

Aufschlagen auf den Erdboden bald unterbrochen. Denkt man sich aber die Erdmasse, ohne ihre Anziehung auf den durch die Luft fallenden Stein zu ändern, ersetzt durch eine gleich schwere Masse im Erdmittelpunkt, so könnte der Stein die begonnene Bewegung in einer Planetenbahn um den anziehenden Erdmittelpunkt fortsetzen. Aus den bekannten Gesetzen dieser Bewegung kann man leicht feststellen, wo der Stein die Erdoberfläche passiert, und so erkennen, daſs er östlich von dem Punkte niederfällt, in welchen inzwischen der Fuſs des Turmes durch die Erdrotation eingerückt ist.

Diese von Schellbach und Arendt[8]) für eine beliebige Breite durchgeführte Methode lässt eine Modifikation zu. Da es nur auf den Teil der absoluten Bahn des Steines ankommt, der ausserhalb der Erdoberfläche liegt, so ist nur nötig, daſs dort die angenommene Kraft mit der Schwere nach Gröſse und Richtung übereinstimmt. Man kann daher die Fortsetzung der Bahn in das Erdinnere auch so geschehen lassen, daſs sich die Schwere proportional der Entfernung vom Mittelpunkt der Erde ändert. Diese Annahme stimmt sogar mit dem wirklichen Verhalten im Innern der Erde, wenn man sie als eine homogene Kugel auffaſst, überein. Die praktische Ausführung des Versuches würde jetzt nur verlangen, daſs man im voraus einen passenden Kanal durch die Erdmasse führte, um für die Bewegung freie Bahn zu schaffen, nicht aber, daſs man die ganze Erdmasse nach dem Mittelpunkt schaffte.

Im absoluten Raum beschreibt aber jetzt der in Bewegung gesetzte Stein eine Pendel-Ellipse, und zwar in der Zeit, in welcher ein fingierter Mond um die Erde dicht an der Oberfläche längs irgend eines grössten Kreises herumlaufen könnte, d. h. in $^1/_{17}$ Tag. Dies ist die Umlaufszeit für alle im Erdinnern möglichen Pendelellipsen, mögen sie in der Ebene des Äquators oder anderen Ebenen liegen, die Erdoberfläche erreichen oder nicht. Man kann diese Mondbahn fast senkrecht zum Äquator so wählen, daſs ihre Projektion auf eine im absoluten Raum feste Äquator-Ebene E die Bahn des Steines ergiebt. Solche Bahn lässt sich auch als Hypocykloide betrachten, wenn man annimmt, daſs der rollende Kreis, der den die Bahn erzeugenden Punkt führt, halb so groſs ist als der Basiskreis. Der Mittelpunkt des rollenden Kreises bewegt sich mit der Winkelgeschwindigkeit 17ϑ und zwar nach links, seine Ebene dreht sich gegen die Ebene E ebenfalls mit der Winkelgeschwindigkeit 17ϑ nach rechts.

Setzt man den Radius des groſsen Kreises $= 18p$, den des kleinen $= 9p$, und zeichnet man auf die Scheibe des rollenden Kreises einen kleineren concentrischen Kreis vom Durchmesser $16p$, oder vom Radius $8p$, so bleibt dieser immer um p von dem Basiskreise entfernt, sein äusserster Punkt Q hat vom Mittelpunkt des Basiskreises, oder dem Erdmittelpunkt, den Abstand $17p$. Er hat durch die Rotation um den augenblicklichen Berührungspunkt die Geschwindigkeit $p \cdot 17\vartheta$ nach links. Denkt man sich noch eine zweite, mit der rotierenden Erde fest verbundene Äquator-Ebene E', so hat der gerade mit Q zur Deckung kommende Punkt Q' der letzteren auch die Geschwindigkeit $17p\vartheta$ nach links, folglich rollt sich die verkleinerte Scheibe des rollenden Kreises in dem Kreise vom Radius $17p$, welcher der Ebene E' angehört, ab, ohne zu gleiten. Es ist daher die relative Bewegung auch eine Hypocykloide, wie die in Abschnitt 3, und zwar ist $a = 17p$, $b = 8p$, $\sigma = 16\vartheta$, $\tau = 18\vartheta$. Die Bahn in der rotierenden Äquator-Ebene E' ist ganz dieselbe, wie die eines Foucault'schen Pendels in der Umgebung des Nordpols, wenn man diesem eine Schwingungsdauer von 42^{min} geben könnte. Beginnt der Stein seine Bewegung ohne (relative) Anfangsgeschwindigkeit, so muss man den die Bahn beschreibenden Punkt auf dem Umfange des Kreises B annehmen, ferner muss $a = 17p = R + h$ sein, wenn h die Fallhöhe ist[9]). Legt man in die Äquator-Ebene E' ein Coordinatensystem, dessen Anfangspunkt der Erdmittelpunkt ist, dessen Y-Achse nach dem Turm hingeht, so hat die Hypocykloide die Gleichungen: $x = (a - b) \sin \sigma t - b \sin \tau t$, $y = (a - b) \cos \sigma t + b \cos \tau t$, oder $x = 9p \sin 16\vartheta t - 8p \sin 18\vartheta t$, woraus man für kleine Werte

[8]) Neue Elemente der Mechanik S. 270—281.

[9]) Vgl. ds. Zeitschr. *I 71* unten.

von t durch Reihenentwicklung sofort sieht, dafs die Abweichung x proportional dem Kubus, der Fallraum y proportional dem Quadrate von t wird.

Mag man die Bahn im absoluten Raum als Anfang einer Planeten-Ellipse, mag man sie als Anfang einer Pendel-Ellipse betrachten, in beiden Fällen läfst sich die Gröfse des östlichen Voreilens übereinstimmend aus dem Kepler'schen Satze herleiten: Radius vector verrit aream. Während ein Stein am Äquator der Erde neben einem Turm AB frei herabfällt, komme dieser selbst durch die Erdrotation in die Lage $A_1 B_1$ (Fig. 5). Die absolute Bahn des Steines ist fast genau die, der horizontalen Anfangsgeschwindigkeit $c = 465$ m entsprechende, Wurfparabel, deren Brennpunkt um $c^2/2g$, $= 11$ km, unter der Erdoberfläche liegt. Diese Bahn kann nicht genau nach B_1 führen, denn da die horizontale Anfangsgeschwindigkeit des Steines mit der Geschwindigkeit der Turmspitze A übereinstimmt, so mufs die vom Radiusvektor beschriebene Fläche $= MAA_1$ sein. Ginge die Parabel aber nach B_1, so wäre die beschriebene Fläche $= MAB_1$, also um $AA_1B_1 = \frac{1}{3} ABB_1A_1 = \frac{1}{3} hR\vartheta t$ zu klein. Die Parabel mufs daher ein wenig variiert werden, so dafs sie den Erdboden erst im Punkte C trifft, der Stein also um $B_1C = x$ nach Osten voreilt. Dadurch kommt im wesentlichen zu der beschriebenen Fläche das schmale, aber lange Dreieck $MB_1C = \frac{1}{2} xR$ hinzu, welches für den Verlust des Gebietes AA_1B_1 Ersatz leistet, wenn $x = \frac{2}{3} h\vartheta t$ ist. Andere Behandlungen dieser Aufgabe siehe ds. Zeitschr. *I 259*, *IV 319*.

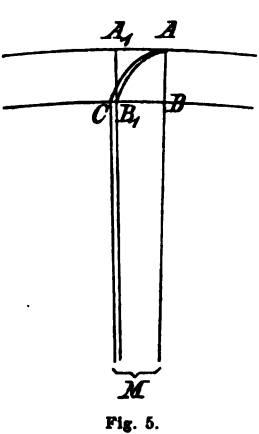


Fig. 5.

Drehte sich die Erdkugel 17 mal schneller, so wäre die Centrifugalkraft am Äquator gleich der Massenattraktion des Erdballs, ein Stein würde dort frei in der Luft schweben. Gäbe man ihm einen Stoss, dessen Richtung in die Äquator-Ebene, d. h. die zum Meridian senkrechte Vertikal-Ebene, fiele, so beschriebe er in dieser Ebene einen Kreis mit der Winkelgeschwindigkeit $34\,\vartheta$, je einmal in 48^{min}. Die Darstellung der Bahn als Hypocykloide geschieht durch einen Punkt in der Ebene eines rollenden Kreises vom Radius 0.

Rotierte die Erde noch etwas schneller, so würde ein am Äquator frei gelassener Körper zunächst steigen, bald aber seine Richtung ändern, eine wagerechte Geschwindigkeit nach Westen für einen Augenblick annehmen, dann allmählich wieder bis zur alten Höhe sinken, und so beständig westwärts schwebend eine aus Ranken bestehende Bahn beschreiben, deren Spitzen sich zum Erdboden senken.

Eine weitere sehr wichtige Anwendung findet die CORIOLIS'sche Kraft bei Bestimmung derjenigen Kraft, die induziert wird, wenn man die Achse eines schnell rotierenden Körpers, z. B. Kreisels oder Fahrrades, durch äussern Zwang dreht oder kippt. Diese Bestimmung ist nach den hier entwickelten Gesichtspunkten schon früher ausgeführt worden (ds. Zeitschr. *IV 75* und *82*, vgl. auch *IX 127*).

Kleine Mitteilungen.

Die Rogetsche Spirale.

Von Dr. P. Spies in Berlin.

Unter dieser Bezeichnung findet sich in vielen Sammlungen ein Apparat, der häufig nur als ein Spielzeug angesehen wird, in Wirklichkeit aber einiges Interesse verdient.

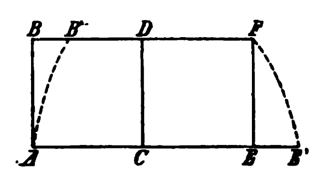
Ein Draht von 1—3 mm Stärke bildet eine Schraubenlinie von 5—10 cm Durchmesser und etwa 5 mm Ganghöhe. Das obere Ende ist fest aufgehängt, das untere taucht in Quecksilber. Beim Durchleiten eines hinlänglich starken Stromes hebt sich das untere Ende aus dem Quecksilbernapfe, fällt dann wieder herab u. s. w.

1. Wie ist dieser Vorgang zu erklären? Oder fragen wir spezieller: Ist die übliche Erklärung, welche besagt, dass sich die gleichgerichteten Stromelemente benachbarter Windungen elektrodynamisch anziehen und so eine Verkürzung der Spirale, damit aber eine Unterbrechung des Stromes bewirken u. s. w., ausreichend?

2. Wie kommt es, dass nach dem Einführen eines Eisenstabes in die Spirale diese letztere auch bei schwachem Strome sehr lebhaft schwingt?

Zu der ersten Frage ist zu bemerken, dafs die angedeutete übliche Erklärung in diesem Falle ebensowenig ausreichend ist, wie bei allen anderen selbstunterbrechenden Apparaten. Wenn nur jene Wirkungen in Frage kämen, so müfste die vom Strome entwickelte Wärme dieselbe sein bei bewegter wie bei ruhender Spirale (vorausgesetzt natürlich, dafs man die im ersteren Falle geringere Dauer des Stromes gebührend in Betracht zieht); dann wäre aber keine Energie für das Zustandekommen der Bewegung, bzw. für das mit unvermeidlichen Energieverlusten verknüpfte Fortdauern derselben verausgabt[1]).

Entsprechend Ausführungen von Thomson wird dieser Widerspruch etwa in folgender Weise dargestellt: Bezeichnet AB (s. Fig.) die im Momente des Eintauchens wirksame elektrodynamische Kraft, welche ein bestimmtes Teilchen der Leitung nach oben zu ziehen sucht, AC den Weg, welchen dieses Teilchen bei dem tieferen Eintauchen der Spirale entgegen jener Kraft zurücklegt, so giebt das Rechteck $ABDC$ die gegen die elektrodynamischen Kräfte geleistete Arbeit an. C bezeichnet den tiefsten Stand der Spirale, $CDFE$ die Arbeit, welche die Stromkräfte beim Aufwärtsziehen des betr. Teilchens der Leitung leisten. AC ist unzweifelhaft gleich CE; wenn also die Ordinaten constant sind, d. h. wenn der Strom constant ist, so leistet der Strom im ganzen keine Arbeit.



In Wirklichkeit steigt aber der Strom im Momente des Eintauchens nicht sofort auf seine volle Stärke, sondern er erreicht diesen Wert in Folge der Selbstinduktion erst etwas später und deshalb wird die auf das Teilchen wirkende Kraft etwa durch die Linie AB' dargestellt. Ebenso fällt der Strom, wenn wieder dieselbe Lage — entsprechend E — erreicht ist, nicht wieder sofort auf Null, sondern die elektromotorische Kraft der Selbstinduktion, welche in dem Unterbrechungsfunken, sowie auch vorher noch in den adhärierenden Quecksilberteilchen einige Leitung findet, verlängert den Strom und damit den Wirkungsbereich der Kraft, etwa entsprechend der Linie FE'. So kommt es, dass die zweite Fläche die erstere an Inhalt übertrifft, also der Strom Arbeit leistet. Alle Umstände, welche die Selbstinduktion erhöhen, müssen eine Steigerung der vom Strome geleisteten Arbeit herbeiführen, so die Einführung eines Eisenkerns. Die Punkte B' und E' würden also noch weiter nach rechts gerückt.

Man kann sich aber leicht davon überzeugen, dass bei der Einführung eines Eisenkerns noch ein zweiter Umstand in Betracht kommt; eine bestimmte Stromstärke vorausgesetzt, wird auch im Ruhezustande (bei zu hoch stehendem Quecksilbernapfe) die gegenseitige Anziehung der Stromteile eine grössere, sobald man den Eisenkern einführt; die Spirale, welche sich beim Stromschlusse verkürzte, wird nach dem Einführen des Eisens wiederum ein Stück kürzer. Hierbei wirkt die Selbstinduktion offenbar nicht mit. Die Figur würde das in der Weise darstellen, dafs die Ordinaten sämtlich wachsen, wodurch dann die Differenz der beiden Flächenräume ebenfalls wächst.

Wir haben hier den eigentümlichen, aber auch sonst zuweilen verwirklichten Fall, dafs die Anwesenheit des Eisens ponderomotorische Kräfte und dadurch Bewegungen hervorbringt, an denen das Eisen selbst nicht teilnimmt; dasselbe dient lediglich als ein Medium, welches den Kraftlinienfluss fördert, und die unter (2) angegebene Wirkung würde auch eintreten, wenn man die ganze Spirale in eine magnetisierbare Flüssigkeit eintauchen könnte.

Eine ähnliche Erscheinung haben wir bei folgendem Experimente: Zwei Drahtrollen,

---

[1]) Vgl. die Bemerkungen von M. Koppe über den Wagner'schen Hammer, d. Zeitschr. *II* 232.

von denen jede etwa 15 kg schwer war, wurden so aufeinander gelegt, dafs sie sozusagen eine Rolle bildeten, aber mit entgegengesetztem Strome beschickt. Die elektrodynamische Abstossung war durch einen nicht sehr bedeutenden Gewichtsverlust der oberen Rolle bemerkbar. Führte ich aber einen Eisenkern in den Hohlraum der beiden Rollen, so wurde die Abstossung so kräftig, dafs die obere Rolle in die Höhe flog und frei schweben blieb.

Bemerkungen zu der Formel für das Dopplersche Prinzip [1]).

Von **H. Kuhfahl** in Landsberg a. W.

Herr Husmann [2]) bemängelt eine Formel für Berechnung der Tonhöhe nach dem Dopplerschen Prinzip und leitet eine andere ab. Er meint, dafs stillschweigend die Voraussetzung gemacht sei, die Geschwindigkeit des Beobachters gegen die Schallgeschwindigkeit sei unendlich klein. Das ist indessen nicht der Fall, denn die angegriffene Formel gilt für den Fall, dass die Tonquelle bewegt wird, ohne dass der Beobachter seinen Platz wechselt, unbedingt, die von Herrn Husmann vorgeschlagene dagegen, wenn die Tonquelle feststeht und der Beobachter sich bewegt. Die Bewegung der Tonquelle verkürzt (oder verlängert) die Wellenlänge in der stillstehenden Luft auf der dem Beobachter zugewandten Seite, die des Beobachters vermehrt (oder vermindert) die Zahl der das Ohr treffenden Schwingungen. Man findet beide Formeln entwickelt bei Wüllner und Müller-Pfaundler, Experimentalphysik; sie können indessen in eine zusammengezogen werden. Es sei n die Schwingungszahl, λ die Wellenlänge, wenn Tonquelle und Beobachter stille stehen, c die Schallgeschwindigkeit, so ist $n\lambda = c$. Bewegt sich die Tonquelle mit der Geschwindigkeit v auf den Beobachter zu, so wird jede Wellenlänge um die Strecke $\frac{v}{n}$ verkürzt.

Die neue Wellenlänge ist also

$$\lambda_1 = \lambda - \frac{v}{n} = \lambda - \frac{v\lambda}{c} = \lambda \cdot \frac{c-v}{c} = \frac{c-v}{n},$$

die Schwingungszahl für den stillstehenden Beobachter

$$n_1 = \frac{c}{\lambda_1} = n\,\frac{c}{c-v}.$$

Bewegt sich nun ein zweiter Beobachter von dem ersten fort mit der Geschwindigkeit u, positiv gerechnet in derselben Richtung, wie sich die Tonquelle bewegt, so treffen sein Ohr $\frac{u}{\lambda_1}$ Schwingungen weniger; die scheinbare Schwingungszahl ist also für ihn

$$n_2 = n_1 - \frac{u}{\lambda_1} = \frac{c-u}{\lambda_1} = n\,\frac{c-u}{c-v}.$$

Daher ist die scheinbare Schwingungszeit für ihn

$$T_2 = \frac{1}{n_2} = T\,\frac{c-v}{c-u},$$

wobei $T = \frac{1}{n}$ die wirkliche Schwingungszeit der Tonquelle bedeutet.

Nähert sich also die Tonquelle dem stillstehenden Beobachter mit der Geschwindigkeit $v = c$, so ist $u = 0$, also $T_2 = 0$, $n = \infty$, sämtliche Wellenberge kommen — theoretisch wenigstens — gleichzeitig an, ein Ton ist überhaupt nicht wahrnehmbar, man hört also nicht, wie a. a. O. angegeben, die nächst höhere Oktave.

Einfacher Knallgas-Apparat.

Von Dr. **W. Merkelbach** in Cassel.

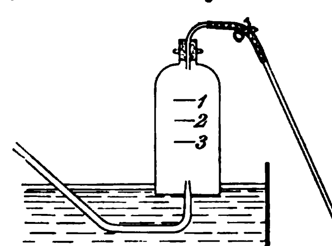
Der unter dieser Überschrift in dieser Zeitschrift (IX 172) von F. Brandstätter angegebene Apparat veranlasst mich, einen noch einfacheren Apparat zu beschreiben, den ich zur Darstellung von Knallgas verwende.

---

[1]) Vergl. hierzu die Zuschrift von H. Husmann in diesem Heft S. 60.

[2]) Diese Zeitschr. *IX 237.*

Der Boden einer Glasflasche (s. Fig.) erhält mit Hülfe eines Glasbohrers, wie ihn Glasfabriken zur Herstellung der Löcher in den Glashähnen gebrauchen, oder mit einer abgebrochenen runden Feile eine Öffnung von etwa 5 mm Durchmesser. Die Mündung wird mit einem Kautschukpfropfen verschlossen, durch den eine rechtwinklig gebogene Röhre führt, an welche mit Hülfe eines Schlauches ein gerades Glasrohr befestigt ist. Der Schlauch kann durch einen Quetschhahn verschlossen werden. Dadurch, dass man in die umgekehrte Flasche bei geschlossenem Quetschhahn durch die Bodenöffnung dreimal nach einander gleiche Mengen Wasser eingiefst und den Stand desselben durch eingeritzte oder eingeätzte Striche bezeichnet, erhält man die Höhenmarken 1, 2, 3. Wenn man die so vorbereitete Flasche bei geöffnetem Quetschhahn ganz in Wasser taucht und den Hahn verschliesst, kann man sie gefüllt in senkrechter Stellung aus dem Wasser heben und auf die Brücke einer mit Wasser versehenen pneumatischen Wanne bringen, ohne dass Wasser aus der Flasche ausfliesst. Mit Hülfe eines gebogenen, in eine weite Spitze ausgezogenen Glasrohrs, dessen Ende man durch die Bodenöffnung in die Flasche einführt, wird letztere mit 2 Teilen Wasserstoff und 1 Teil Sauerstoff gefüllt. Dann taucht man die Flasche in ein cylindrisches Glasgefäfs, das mit so viel Wasser versehen ist, dass man die Flasche ganz darin untertauchen kann. Bei geöffnetem Quetschhahn wird das Gas durch das Glasrohr in Seifenwasser unter einem Drucke geleitet, der sich durch mehr oder weniger starkes Niederdrücken der Flasche beliebig regeln lässt.



Für die Praxis.

Versuche mit Glühlampen. Von **Stanko Plivelić** in Semlin (Kroatien). Es ist bekannt, dafs in luftleeren Gefässen (Radiometer, Kryophor, Thermometer u. s. w.) Leuchterscheinungen auftreten, wenn man sie mit einer Elektrode eines Funkeninduktors verbindet, auch wenn keine metallische Leitung in das Innere des Gefässes stattfindet. Besonders verwendbar für den Versuch sind Glühlampen, deren Kohlenfaden durchgebrannt ist. Verbindet man die Metallhülse einer solchen Glühlampe mit einer Elektrode, so leuchtet das Innere mit schwachem bläulichen Lichte, bei dem es nicht möglich ist, ein mit gewöhnlicher Schrift gedrucktes Buch zu lesen. Taucht man aber die Glühlampe etwa bis zur Hälfte in ein ziemlich weites mit Wasser gefülltes Glasgefäss und verbindet die andere Elektrode mit dem Wasser, so leuchtet die Glühlampe mit solcher Stärke, dass man bequem dabei lesen kann. Der Versuch gelingt noch besser, wenn man dem Wasser einige Tropfen Schwefelsäure zufügt. Dagegen ist in Öl die Lichterscheinung schwächer als vorher. Taucht man die Glühlampe nicht genügend tief ein, so wird sie leicht zerbrochen. Dies geschieht namentlich, wenn man nur die Spitze in die Flüssigkeit eintaucht; nach dem Durchschlagen dringt in der Regel ein feiner Wasserstrahl in das Innere, gleichzeitig bildet sich eine kleine Flamme, die mit der Zunahme der Flüssigkeit im Innern allmählich wieder verschwindet. Besonders schön ist der Versuch, wenn das Wassergefäss rund ist, da dann ein vergrössertes Bild der Glühlampe sichtbar wird. Bei den Versuchen wird man nach dem Ausschalten des Funkeninduktors längere Zeit ein Klirren hören, welches durch die schnellen Schwingungen des Kohlenfadens entsteht. Diese Schwingungen werden durch die aufserordentlich rasche Bewegung der in der Glühlampe gebliebenen Luft hervorgerufen.

Die Lichteffekte in den Glühlampen entstehen auch beim Funkenüberspringen z. B. einer Winterschen Elektrisiermaschine auf die Metallhülse der Lampe, die man in der Hand hält. Nur mufs man sich hüten, nach längerem Versuch die Metallhülse mit der andern Hand zu berühren, da man sonst einen ziemlich starken Schlag bekommt. Dieselbe physiologische Wirkung erhält man, wenn man statt der Glühlampe eine gewöhnliche Geisslersche Röhre nimmt.

Berichte.

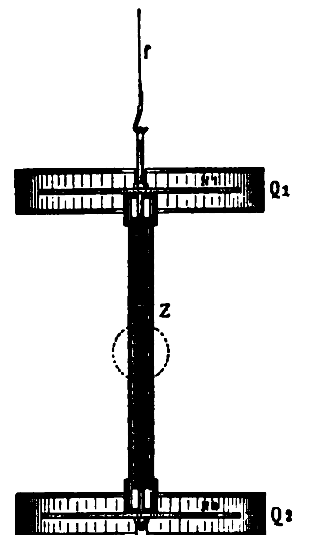
1. Apparate und Versuche.

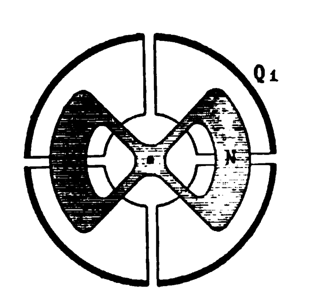
Himmelsglobus nebst Anleitung zu dessen Gebrauch. Von Dr. Carl ROHRBACH. (Berlin, Dietrich Reimer 1896.) Dieser Globus ist eine wertvolle Ergänzung der bisherigen Unterrichtsmittel in der Astronomie und kann, bei seinem billigen Preise (M. 1,50), namentlich auch Schülern zur Anschaffung empfohlen werden. Er zeigt auf weifsem Grunde die Sterne 1. bis 4. Gröfse, ferner den Äquator und die Deklinationskreise von 10 zu 10°, die Rektascensionskreise von 15 zu 15°, die Ekliptik und deren Pole. Die zu einem Sternbilde gehörigen Sterne sind (wie in Koppe's astronomischer Tafel) durch kürzeste Linien mit einander verbunden. Mit Hülfe einer beigegebenen Sternzeittafel läfst sich der Globus leicht für jeden Zeitpunkt einstellen, ferner läfst sich die Culminationszeit eines beliebigen Sternes, seine Auf- und Untergangszeit, sowie der Sonnenauf- und Untergang leicht bestimmen. Zweckmäfsig wäre es, wenn sich auch beim Unterricht der Globus in den Händen der Schüler befände und gemeinsame Übungen daran vorgenommen werden könnten. Der Durchmesser beträgt $10^1/_2$ cm. Für das Messinggestell des Globus ist etwas gröfsere Festigkeit wünschenswert. *P.*

Künstliche Regenbildung. Ein einfacher Versuch über die Erzeugung von Regen ist nach ERRERA folgender: Ein Becherglas von etwa 20 cm Höhe und höchstens 10 cm Durchmesser wird ungefähr zur Hälfte mit Alkohol von 92% gefüllt, mit einer Porzellanschale bedeckt und langsam auf dem Wasserbade erhitzt, bis das ganze Gefäfs samt der Porzellanschale eine höhere Temperatur angenommen hat, ohne dafs jedoch der Alkohol zum Sieden gelangt wäre. Dann wird die Vorrichtung vorsichtig vom Wasserbade genommen und zum Erkalten auf eine hölzerne Tischplatte gestellt. Die Flüssigkeit entsendet dann noch reichliche Dämpfe, aber nach einigen Minuten ist die Porzellanschale soweit erkaltet, dafs die Dämpfe sich an ihr condensieren. Es bilden sich sichtbare Wölkchen, und zahlreiche kleine Regentröpfchen fallen mit ziemlicher Geschwindigkeit senkrecht in die Flüssigkeit hinab. Der Durchmesser dieser Tröpfchen beträgt nach Messungen unter dem Mikroskop 40 bis 50 Tausendstel mm. Im Anfang steigen die Dämpfe bis nahe an die Porzellanschale, ehe sie sich verdichten. Mit fortschreitender Abkühlung aber sinkt das Niveau der Verdichtungszone und man erblickt über der Wolkenschicht eine vollkommen klare Zone. Man erhält so ein Bild der Wassercirkulation in der Atmosphäre: Die verdampfende Flüssigkeit stellt den Ocean dar, oben herrscht blauer Himmel, darunter befinden sich Wolken, die sich in Regen auflösen, der wieder ins Meer fällt. Ersetzt man die Porzellanschale gleich im Anfang durch eine kalte, so entsteht stürmisches Wetter in dem Glase, bei ungleicher Abkühlung der Seitenwände entstehen Wirbel u. s. w. Ähnliche aber weniger einfache Vorrichtungen sind von Tyndall (1869) und von Aitken (1880/81) beschrieben worden. (*Prometheus, No. 365, 1896.*)

Eine neue Form des Quadrantenelektrometers. Thomsons Quadrantenelektrometer und Lippmanns Kapillarelektrometer genügen den Anforderungen, die man heutzutage an einen Apparat zur statischen Bestimmung kleiner elektrischer Potentialdifferenzen stellen muss, bei weitem nicht mehr. Das erstere gewährt trotz seiner umständlichen Handhabung nur eine sehr mässige Genauigkeit, während das letztere wegen seiner grossen Kapacität und schlechten Isolierung kaum als statisches Instrument zu betrachten ist. Verbesserungsfähig dürfte von beiden wohl nur das erstere sein, dessen geringe Empfindlichkeit dadurch bedingt ist, dafs der Elektrometernadel eine elektrische Ladung von aufsen zugeführt werden mufs, die Nadel also unter dem Zwange einer kräftigen Richtkraft steht, sodafs nur verhältnismäfsig starke statische Kräfte sie zu bewegen vermögen. Diese Schwierigkeit kann man beseitigen, wenn man mit der Nadel zugleich einen kleinen Ladungsapparat an einen Quarz- oder Kokonfaden aufhängt, wodurch die Richtkraft der Nadel auf ihren kleinsten Wert herabgedrückt und die Empfindlichkeit des Instruments auf den höchsten Wert gesteigert wird. Ein geeigneter Ladungsapparat ist nun die Zambonische Säule. Bereits Boys (*Nature Bd. 44, 1891*) benutzte eine solche Säule als Elektrometernadel,

aber ohne Erfolg. Die Säule schwebte in wagerechter Lage in der Quadrantenschachtel, war also mit sehr grosser Trägheit behaftet; ausserdem waren die Angaben des Instruments wegen der Veränderlichkeit der Säule ganz unzuverlässig. Es ist nun F. Dolezalek und W. Nernst (*Zeitschr. f. Elektroch.* und *E. T. Z. XVII 471, 1896*), die von dem misslungenen Versuche Boys' keine Kenntnis hatten, gelungen, ein Instrument herzustellen, das die 200fache Empfindlichkeit des Boysschen besitzt und von den erwähnten Mängeln frei ist. Sie gaben dem Quadrantenelektrometer die durch nebenstehende Figur veranschaulichte Einrichtung. Ein kleines Zambonisches Säulchen Z hängt an einem Quarzfaden f und trägt an seinen Polen die Elektrometernadeln N_1 und N_2, welche in den übereinander angeordneten Quadrantenschachteln Q_1 und Q_2 schweben. Dieser Apparat sitzt in einem metallischen Gehäuse. Die Ausschläge dieses sehr empfindlichen Elektrometers können mit Spiegel (in der Figur punktiert angedeutet) und Fernrohr oder auch mikroskopisch leicht genau gemessen oder in bekannter Weise objektiv sichtbar gemacht werden.



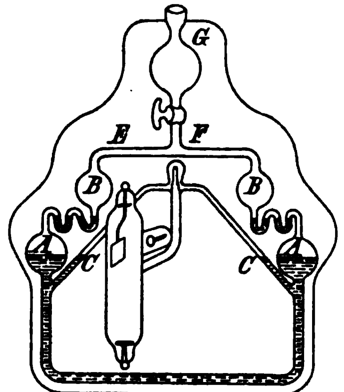


Die Hauptschwierigkeit lag in der Herstellung eines auch in kleinen Abmessungen genügend kräftigen Säulchens. Stellte man es in der bekannten Weise aus Gold- und Silberpapier her, so fiel es, wenn es die Nadeln mit einer genügend kräftigen und unveränderlichen Ladung versehen sollte, für einen Quarzfaden zu schwer aus; an einen Kokonfaden gehängt, zeigte es ein viel zu grosses Trägheitsmoment. Dolezalek und Nernst überzeugten sich nun durch Versuche, dass die langsame, unvollkommene und veränderliche Ladung einer Zambonischen Säule nicht nur, wie man gewöhnlich annimmt, in der schlechten Leitungsfähigkeit des Papiers, sondern zum grossen Teil in einer Polarisation der Säule begründet ist, und dass das veränderliche Element $Sn - Cu$ durch ein unveränderliches mit Depolarisator zu ersetzen sei. Sie fanden ein solches in der Zusammensetzung $Sn - PO_2$, da Bleisuperoxyd, wenn es elektrolytisch dargestellt ist, auch eine verhältnismässig gute metallische Leitfähigkeit besitzt, und stellten daher die Säule in der Weise her, dass sie unechtes Silberpapier auf der Papierseite mit einer dünnen Schicht elektrolytisch dargestellten Bleisuperoxydes überzogen und aus diesem die zum Aufbau der Säule dienenden Scheibchen ausschlugen. Eine so hergestellte Säule zeigte die 20—30fache Spannung einer aus Silber- und Goldpapier gefertigten von gleicher Plattenzahl, auch war die Spannung der Säule nur wenig von der Grösse der Blättchen abhängig. Dass diese Überlegenheit der neuen Säule auf der Anwendung eines kräftigen Depolarisators beruhte, zeigte sich dadurch, dass eine grosse Säule aus 20000 Blättchen, die 3 mm lange Funken gab, nach der Erschöpfung durch eine Influenzmaschine wieder bis zur vollen Spannung geladen werden konnte. Dolezalek und Nernst verfertigten so ein Säulchen von 6,5 cm Länge und nur 4 mm Durchmesser, welches eine beständige Spannung von etwa 1400 V. zeigte. Es wurde mit zwei Aluminiumnadeln versehen und mittels eines Quarzfadens in ein Elektrometer von obiger Bauart eingehängt. Das Säulchen wog mit den beiden Nadeln und dem Ablesungsspiegel nur 3,5 g. Infolge der äusserst kleinen, von elastischen Nachwirkungen so gut wie freien Torsionskraft des Quarzfadens zeigte das Instrument eine ausserordentliche Empfindlichkeit. Sie betrug bei kreuzweiser Verbindung der oberen und unteren Quadrantenpaare und Anwendung eines Quarzfadens von 7 cm Länge bei 2 m Skalenabstand 60 mm commutierten Ausschlag für 0,01 V. Da die Zehntel der Skalenteile noch geschätzt werden können, so lassen sich mit dem Instrument noch 10^{-5} V. messen. Die anfangs vorhandene Abhängigkeit der Empfindlichkeit vom Wassergehalt der Atmosphäre konnte durch dichten Abschluss

des die Säule umgebenden Glasröhrchens und Einsetzen eines Gefässes mit Chlorcalcium in das Elektrometergehäus völlig beseitigt werden. Es blieb nur noch eine kleine tägliche Schwankung der Empfindlichkeit, die wahrscheinlich durch Temperaturwechsel bedingt ist; sie betrug während einer vierwöchentlichen Beobachtungszeit im ungünstigsten Falle 5 %. Ein stetiges Ansteigen oder Abfallen der Empfindlichkeit wurde nicht beobachtet, es hatte sich vielmehr infolge der guten Isolierung die Spannung der Säule während der einmonatlichen Benutzung nur ganz unwesentlich geändert. Die Messung einer Potentialdifferenz kann nach Aichung des Apparates mit einer Normalspannung durch direkten Ausschlag, der der Potentialdifferenz der Quadranten proportional ist, oder nach einer Nullmethode erfolgen. Da zwei Quadrantenpaare vorhanden sind, kann das Instrument auch als Differentialelektrometer benutzt werden. Durch Veränderung der relativen Lage einer der beiden Quadrantenschachteln zur zugehörigen Nadel kann man es leicht erreichen, dass die gleiche Potentialdifferenz an dem oberen und unteren Quadrantenpaar den gleichen Ausschlag giebt.

Das beschriebene Instrument hat vor den bisher vorhandenen Formen folgende Vorzüge: 1. Seine Empfindlichkeit übertrifft die ihrigen um das 100fache. 2. Seine Kapacität ist nur der 10^5 bis 10^6 Teil von der des Kapillarelektrometers. 3. Es ist jederzeit gebrauchsfertig, bedarf keiner vielzelligen Ladungsbatterie und ist nach der Arretierung bequem zu transportieren. Das Instrument ist in der Werkstatt des Herrn Mechaniker Bartels in Göttingen vorzüglich ausgeführt worden. Eine ausführliche Beschreibung der mechanischen Einzelheiten seines Baues und eines noch vereinfachten Apparates soll demnächst in der *„Zeitschrift für Instrumentenkunde“* erfolgen. *H.-M.*

Eine neue Form der Quecksilberluftpumpe zur Erhaltung des Vakuums bei Röntgenschen Versuchen beschreibt R. W. Wood in *Wied. Ann. 58, 204, 1896.* Die Pumpe besteht aus zwei Glaskugeln *AA*, die durch ein ∩-Rohr *CC* mit einander verbunden sind; an letzterem ist, wie aus der Figur ersichtlich, die Röntgensche Röhre befestigt. Von den Kugeln *AA* gehen mehrfach gebogene Röhren zu den Kugeln *BB*, welche wieder durch das Rohr *E* mit einander verbunden sind. An diesem befindet sich bei *F* ein Ansatzrohr, das mit Hahn und kugeligem Gefäss *G* versehen ist. Hier wird das Quecksilber eingefüllt, bis die unteren Kugeln halb voll sind, sodann *G* mit einer Quecksilberluftpumpe verbunden und der ganze Apparat in etwas geneigter Lage möglichst gut evakuiert. Um einen Eintritt von Luft zu verhindern, muss sich in der Kugel über dem Hahn immer etwas Quecksilber befinden; bei der ursprünglichen Construktion wurde das Ansatzrohr *F* nach der Evakuierung abgeschmolzen. Der ganze Apparat ist auf einem um eine Achse drehbaren Holzgestell montiert. Wenn sich in der Röntgenschen Röhre durch längere Benutzung Gase gebildet haben, so können diese durch abwechselndes Heben und Senken der beiden Kugeln *AA* in den Raum *BB* getrieben werden, und das gute Vakuum ist bald wieder hergestellt. *Schk.*



---

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die Gewinnung elektrischer Energie aus der Kohle. Das Problem, ein galvanisches Element zu construieren, welches Kohle verzehrt, ist ein ziemlich altes. Mit der Erfindung der Dynamomaschine trat es aus dem Vordergrund des Interesses eine Zeitlang zurück. Als indessen die Elektromotoren soweit verbessert wurden, dass die Umsetzung von Elektrizität in mechanische Arbeit mit einem Nutzeffekt von über 90 Proz. ermöglicht war, fragte man sich von neuem, ob es nicht ausführbar wäre, die Kohle direkt zur Erzeugung des Stromes zu benutzen, anstatt letzteren in den Dynamos mit Hülfe von Dampfmaschinen zu erzeugen, welche kaum 20 Proz. der Verbrennungswärme der Kohle ausnutzten. Auf dem Verbandstage der deutschen Elektrotechniker im Jahre 1894 charakterisierte W. Ostwald die Forderungen, denen das galvanische Element der Zukunft vom theoretischen Standpunkte aus

entsprechen müsse, folgendermaassen: „Unser künftiges Kohleelement wird das Oxydationsmittel an der Stelle, wo die zu verbrennende Kohle nicht ist, enthalten müssen, und zwar muss es entweder der Sauerstoff der Luft selbst sein oder ein in beliebiger Menge aus diesem zu erhaltendes Oxydationsmittel. Ein solches Element würde genau denselben chemischen Prozess zeigen, wie ein gewöhnlicher Ofen: auf der einen Seite wird Kohle eingeschüttet werden, auf der anderen müsste Sauerstoff zugeführt werden, und Kohlensäure würde als Produkt der Wechselwirkung entweichen. Nur muss noch ein passender Elektrolyt eingeschaltet werden, der den elektrischen Vorgang vermittelt. Dieser Elektrolyt würde nur als Zwischensubstanz wirken und keinen Verbrauch erfahren.“ Zum Teil hieran anknüpfend, teilte W. Borchers vor längerer Zeit seine Versuche mit *(Elektrotechn. Ztschr. XV 639, 1894)*, bei welchen er Kupferchlorür als Elektrolyten verwandte. Lösungen von Kupferchlorür sind ein bekanntes Absorptionsmittel für Kohlenoxyd, ferner auch für Sauerstoff. Diese Eigenschaft benutzend, suchte Borchers eine Gaskette aus Sauerstoff (Luft) und Kohlenoxyd (Generatorgas) unter Vermittelung von Kupferchlorürlösung als Elektrolyten zu construieren. Diese Versuche wurden Gegenstand einer umfangreichen Controverse und haben zu einem praktischen Ergebnis bis jetzt nicht geführt. In ziemlich grosser Zahl liegen andere Versuche vor, die das Problem dadurch zu lösen suchen, dass geschmolzene Salze, beispielsweise Salpeter, zur Oxydation der Kohle verwendet werden. Hierher gehören u. a. die Versuche von Brooks (*Elektrotechn. Ztschr. 1894, S. 550*) und Korda (*C. R. 120, S. 615*). Anders verfuhren Bartoli und Papasogli, welche Kohle und Platin in einer Lösung von Natriumhydroxyd gegenüberstellten; es ergaben sich indessen nur elektromotorische Kräfte von 0,2 bis 0,3 Volt. Dieselben Forscher hatten auch beobachtet, dass, wenn man zur Elektrolyse verdünnter Schwefelsäure Kohleelektroden verwendet, eine gewisse Anteilnahme der Kohleanode an dem elektrolytischen Vorgange stattfindet, indem daselbst neben Sauerstoff noch Kohlenoxyd und Kohlensäure erscheinen. Von dieser Beobachtung ging A. Coehn in seinen bemerkenswerten Versuchen aus, über welche er in der Sitzung des Berliner Elektrot. Vereines am 24. Febr. 1896 eine Mitteilung machte. Zunächst suchte Derselbe die bei dem soeben erwähnten elektrolytischen Vorgang in Betracht kommenden Faktoren: Concentration, Temperatur und Stromdichte so zu variieren, dass an der Anode überhaupt kein Sauerstoff mehr, sondern nur die Verbrennungsprodukte des Kohlenstoffes auftraten. Es gelang dabei, ein Gemisch zu erhalten, das ca. 70 Proz. CO_2, 30 Proz. CO und nur noch etwa 1 Proz. O enthielt.

Hierbei wurde nun beobachtet, dass in niederen Temperaturen eine Disgregation der Kohleanode stattfand, derart, dass sich suspendierte Kohlenteilchen in der Säure zeigten. In höheren Temperaturen fand diese Disgregation nicht statt, dagegen trat jetzt eine deutliche Färbung der Säure ein: erst gelb, bei längerer Versuchsdauer dunkelrot und rotbraun. Die Vermutung, dass hierin die Kohle in Form von Ionen enthalten sei, schien dadurch bestätigt zu werden, dass auf einer die Kohlekathode ersetzenden Platinplatte sich die Kohle wie ein Metall niederschlug. Die äusserst glatt und dicht auftretende Kohle bildete erst eine dünne Schicht mit den Farben dünner Blättchen, später eine graphitisch erscheinende schwarze Masse. In der Flamme verflüchtigten sich selbst stärkere Niederschläge sofort und vollständig. Die Elementaranalyse ergab neben Kohlenstoff stets noch Wasserstoff; der Rest ergänzte — als Sauerstoff berechnet — den gefundenen H zu H_2O. Man hat es also in dem Niederschlag entweder mit einem leitenden Kohlehydrat oder mit einer Kohle zu thun, die Wasser, nach Analogie des Krystallwassers der Salze, mit Zähigkeit festhält. Wurde der schwache, noch die Farben dünner Blättchen zeigende Niederschlag mit concentrierter Schwefelsäure betropft, so entstand augenblicklich eine Auflockerung und Schwarzfärbung wie bei einem Kohlehydrat.

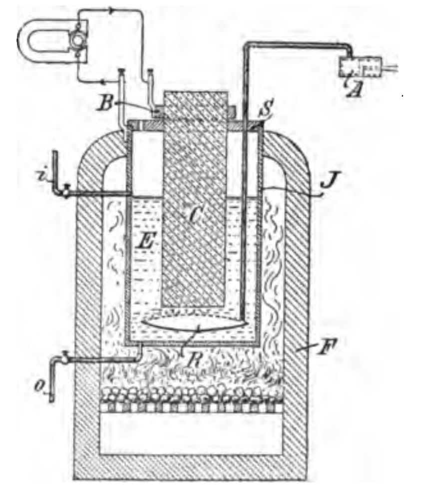
Bei dem Bestreben, diese Thatsachen zur Herstellung eines galvanischen Elementes zu benutzen, handelte es sich darum, der Kohle als der Lösungselektrode eine noch elektronegativere Elektrode gegenüberzustellen. Als solche wurde Bleisuperoxyd in Form einer geladenen Accumulatorplatte verwendet. Das so construierte Element liefert einen starken und constanten Strom; wird es durch einen äusseren Widerstand von 100 Ohm geschlossen,

so zeigt es eine Spannung von 1,03 Volt. — Die Frage, ob den Vorgängen an der Kohle ein Anteil an der Stromentwicklung zukommt, sucht A. Coehn folgendermassen zu entscheiden. Platin, in Schwefelsäure einer Bleisuperoxydelektrode gegenübergestellt, wirkt zunächst im selben Sinne ein wie die Kohle; zu einer sichtbaren Sauerstoffentwickelung kommt es jedoch hierbei nicht, vielmehr wird die Wirkung auf das Galvanometer verschwindend klein, sobald das Platin mit Sauerstoff beladen ist. Wirkte also die Kohle gleich dem Platin nur als unlösliche Anode, so müsste mit wachsender Sauerstoffbeladung der Vorgang ein Ende erreichen. Dies ist jedoch nicht der Fall, vielmehr findet so lange der Stromübergang statt, bis die Accumulatorplatte entladen ist.

Die Verwendung von Bleisuperoxyd ist der schwache Punkt in der Coehnschen Anordnung, und das von ihm aufgestellte Ergebnis: „Es lässt sich ein Element herstellen, dessen Lösungselektrode aus Kohle besteht" ist bei den gewählten Bedingungen vorläufig von keiner praktischen Bedeutung. Um so beachtenswerter erscheinen die beiden anderen Ergebnisse, dass es möglich ist, auf elektrolytischem Wege eine Lösung von Kohle herzustellen und dass aus einer solchen Lösung Kohle als Kation abscheidbar ist (*Elektrotechn. Ztschr. 1896, 12, S. 190 u. 11, S. 167*).

Nach einer Zuschrift von D. Tommasi in der *Elektrot. Ztschr., Heft 42, 15. Okt. 1896, S. 653*, ist übrigens die vorstehende Combination eines Kohlenelementes unter Verwendung von Bleisuperoxyd von Diesem bereits im Juni 1884 der Pariser Akademie vorgelegt worden. Er citiert die Beschreibung, welche er in seinen „Traité des Piles" (Carré, Paris, S. 83) von einem „Element mit Kohlenelektrode (ohne Metalle) von D. Tommasi und Radiguet" gegeben hat und fügt auch die ebendaselbst aufgestellte Theorie dieses Elementes bei.

Schliesslich sei noch eines Patentes gedacht, das W. Jacques in Newton, Mass., N.-A. auf die nachfolgende Construktion erteilt worden ist. Ein Kohlencylinder *C* (s. Fig.) taucht in eine Ätznatronlösung *E*. Der Brause *R* wird durch die Pumpe *A* ständig Luft zugeführt, die sich gleichmässig im Elektrolyten verteilt. Die Lösung *E* befindet sich in einem, den positiven Pol bildenden eisernen Topf *J*, an dem zwei Röhren *i* und *o* zum Zuführen und Ablassen der Flüssigkeit angebracht sind. Der Kohlencylinder, an dem die negative Polklemme *B* befestigt ist, wird von dem isolierenden Deckel *S* getragen. Diese ganze Vorrichtung ist von einem Ofen *F* umgeben, in welchem ein Feuer unterhalten wird, das den Elektrolyten auf etwa 400 bis 500° bringt. — Die bei dem Prozess auftretende Kohlensäure entweicht zum grossen Teil, verbindet sich aber auch mit dem Ätznatron, wodurch der Elektrolyt allmählich entkräftet wird und erneuert werden mufs. Man kann indessen die Lebensdauer desselben durch einen geringen Zusatz von Magnesiumoxyd erhöhen, da sich die Kohlensäure lieber mit diesem, als mit dem Ätznatron verbinden soll, und das gebildete kohlensaure Magnesium sich schnell in Magnesiumoxyd und Kohlensäure zersetzt, welche letztere entweicht. Hiernach würde also das Magnesiumoxyd den wichtigen Zweck erfüllen, die Kohlensäure durch den Elektrolyten zu befördern. — Der so erzeugte Strom soll stark, aber von geringer Spannung sein (*Elektrotechn. Ztschr. 1896, S. 259*). *O.*



Der Lichtbogen zwischen Quecksilberelektroden. Von L. Arons (*Wied. Ann. 58, 73; 1896*). Ein ∩-förmiges Glasrohr von 1,5 cm Durchmesser hatte einen kurzen und einen langen Schenkel; der kurze enthielt die unbewegliche Quecksilberelektrode, der andere, etwa 1 m lange, war unten durch ein Seitenrohr mit einem Gummischlauch verbunden, welcher in ein weiteres, mit Quecksilber gefülltes Gefäss führte; durch Heben und Senken dieses Schlauches liess sich das Niveau der zweiten Quecksilberelektrode verändern. Die Stromzufuhr geschah durch Platindrähte. Ein an der Biegungsstelle des ∩-Rohres eingefügtes Ansatzrohr com-

munizierte mit der Luftpumpe. Das ∩-Rohr wurde in ein eng anschliessendes Gefäss gestellt, welches als Wasserbad diente; das Wasser in demselben kam durch die Hitze des Lichtbogens sehr bald ins Sieden. Bei 105—110 Volt der Stromquelle bildete sich zwischen den Quecksilberelektroden ein glänzender Lichtbogen, der durch Herablassen der beweglichen Elektrode bis über 70 cm lang gemacht werden konnte und einen prächtigen Anblick gewährte. Bei 6,5—6,6 Amp. Stromstärke betrug die Spannungszunahme zwischen den Elektroden für eine Verlängerung des Bogens um 60 cm 40,3 Volt, mithin entfällt auf 1 cm Bogenlänge eine Spannung von 0,67 Volt. Bei steigender Temperatur des Wasserbades nahm jedoch das Potentialgefälle pro cm ab.

Der Lichtbogen hatte seine höchste Temperatur unmittelbar über der Anode, von hier aus nahm sie gegen die Kathode langsam ab. Die Temperatur der inneren Röhrenwand schien nur wenig von der der Umgebung verschieden zu sein; selbst ohne Wasserkühlung wurden die Glaswände nie sehr stark erhitzt. Eigentümliche Erscheinungen beobachtete Arons, als er die Entladungen mit hohen Spannungen vor sich gehen liess, während die Quecksilberelektroden in einem Heizkasten auf hohe Temperaturen gebracht wurden. Bei 180° trat zunächst eine Glimmentladung ein, die bei 210° mit einer bogenlichtartigen Entladung abwechselte, welche bei noch höheren Temperaturen immer mehr überwog. Bei der Abkühlung traten dieselben Erscheinungen in umgekehrter Reihenfolge auf. — Die Entladung des Quecksilberbogens ist discontinuierlich, wie durch das andauernde Tönen eines Telephons, das mit einem neben dem Lichtbogen stehenden Condensator verbunden war, bewiesen wurde. *Schk.*

Die Abarten des Kohlenstoffs. Von H. Moissan. In drei grösseren Arbeiten, „Untersuchungen über die verschiedenen Abarten des Kohlenstoffs“, behandelt H. Moissan 1. den amorphen Kohlenstoff (*Ann. de chim. et de phys. VII. Sér. Juillet 1896, T. VIII, p. 289*), 2. den Graphit (*ebenda p. 306—347*), 3. die Darstellung des Diamanten (*ebenda Août 1896, T. VIII, p. 466—558*).

1. Amorpher Kohlenstoff. Zur Untersuchung gelangten Russ des Handels, aus Petroleum dargestellt; ferner Kohlenstoff, dargestellt durch unvollständige Verbrennung von Acetylen; Kohlenstoff, gewonnen aus der Explosion von Acetylen; desgl. aus der Einwirkung rauchender Schwefelsäure auf Stärke; aus der Einwirkung conzentrierter Eisenchloridlösung auf Anthracenkrystalle (diese beiden Darstellungsarten wurden besonders gewählt, um die Eigenschaften des bei niederer Temperatur gebildeten Kohlenstoffs zu untersuchen); aus Kohlenstofftetrajodid, das in sehr mannigfaltiger Weise behandelt wurde; schliesslich aus der Zersetzung der Kohlensäure durch Bor. Die so gewonnenen Kohlenstoffproben wurden einem Reinigungsprozess unterworfen, der in den meisten Fällen in einer successiven Behandlung mit Benzin, Alkohol und Äther bestand, und dann einem einfachen Trockenverfahren ausgesetzt. Der Russ des Handels z. B. wurde, nach der Behandlung mit den genannten Stoffen, in einer Trockenkammer auf 150° erhitzt; der so präparierte Kohlenstoff schwimmt auf Allyljodid von der Dichte 1,87 und geht in Propyljodid von der Dichte 1,78 unter. Er ist jedoch keineswegs rein, sondern hält mit grösster Energie kleine Mengen von Kohlenwasserstoffen sowie Wasserstoff zurück, wovon man ihn nicht befreien kann; auch etwas Stickstoff schliesst er ein. Seine Analyse ergab: Aschenbestandteile 0,22, Kohlenstoff 93,21, Wasserstoff 1,04; in einem anderen Falle bezüglich 0,34; 92,86; 1,20. — Diese Gegenwart fremder Stoffe, besonders von Wasserstoff, war seit langem bekannt, Moissan citiert Berthelots Ausspruch, dass „die Kohle nicht einem wirklich einfachen Körper verglichen werden könne, sondern einem ausserordentlich verdichteten und an Wasserstoff mehr und mehr verarmten Kohlenwasserstoff entspräche. Der reine Kohlenstoff ist ein Grenzzustand, der auch unter dem Einfluss der höchstmöglichen Temperatur sich kaum verwirklichen lässt. Sein Zustand stelle zugleich die äusserste Grenze molekularer Verdichtungen dar, d. h. er sei so weit als möglich entfernt von dem des eigentlichen Elementes Kohlenstoff, wenn dieses in ein vollkommenes Gas, ähnlich dem Wasserstoff, umgewandelt würde. Moissan spricht demgemäss von der „Polymerisation“ des Kohlenstoffs und verfolgt die schrittweise erfolgende Polymerisation in mehreren Versuchen. So wurde die erste Probe des gereinigten, aus Russ gewonnenen

Kohlenstoffs durch eine Mischung von 100 g Schwefelsäure und 16 g doppeltchromsaures Kalium bereits bei 60° unter Entwicklung von Kohlensäure angegriffen und entzündete sich in Sauerstoff bei 371°. Wurde die Probe 5 Min. in einem Porzellantiegel bei 910° calciniert, so wurde sie von der genannten Mischung erst bei 90° angegriffen und fing in Sauerstoff erst bei 440° Feuer. Für eine weitere Probe, nach 3stündiger Calcination bei derselben Temperatur, sind die bezüglichen Daten 95° und 476° (die Dichte betrug in diesem Falle bereits 1,87, während die Dichte des reinsten, aber nicht calcinierten Russes 1,76 ist); nach 6stündiger Behandlung: 99° und 506°. Die unter dem Einfluss der Wärme hervorgerufene Polymerisation des Kohlenstoffs ist also für eine bestimmte Temperatur keine augenblickliche, sondern wird erst mit der Zeit mehr und mehr vollständig. In den Schlusssätzen betont Moissan, dass seine Versuche zeigten, wie schwierig es sei, reinen Kohlenstoff zu erhalten. Der Kohlenstoff schliesst immer eine gewisse Menge einfacher Stoffe ein: H, J, Pb, Zn u. s. w., je nach den Körpern, mit denen er sich bei seiner Entstehung zusammenbefand. Will man ihn von seinen Verunreinigungen befreien, muss man ihn erhitzen, d. h. ihn polymerisieren. Aller amorphe Kohlenstoff hält auch Wasser mit grosser Energie zurück. Er besitzt, auf welche Weise er auch entstanden sein mag, niemals Härte, und er ist immer gestaltlos.

2. Graphit. Als Graphit wird nach Berthelot definiert „jede Abart des Kohlenstoffs, welche fähig ist, bei der Oxydation ein graphitisches Oxyd zu liefern". Letzteres wird, nach Brodie, erhalten, indem man den Graphit in einer Mischung von chlorsaurem Kalium und Salpetersäure erwärmt; hierbei bildet sich eine meistenteils krystallinische Masse, die die Eigenschaft besitzt, sich beim Erwärmen zu entzünden und zwar unter beträchtlicher Volumvermehrung und Hinterlassung eines schwarzen Rückstandes von sogenanntem pyrographitischen Oxyd. Moissan zog folgende Graphitarten in den Kreis seiner Untersuchungen: 1. Natürliche Graphite, auch die in Meteoreisen gefundenen, 2. die durch einfache Temperaturerhöhung im elektrischen Lichtbogen gewonnenen, 3. die durch Auflösen von Kohlenstoff in geschmolzenen Metallen und nachherige Abscheidung erhaltenen Graphite. Die Resultate fasst Moissan etwa folgendermassen zusammen: Der Graphit zeigt gewöhnlich krystallinische Form, besitzt die Dichte 2,2 und liefert, mit der obenerwähnten Mischung behandelt, das wohlcharakterisierte graphitische Oxyd. Man findet die Graphite in der Erdrinde und in gewissen Meteoriten. Nach Luzzi kann man sie in zwei Gruppen teilen, je nachdem sie bei gelindem Erwärmen und Gegenwart von einer Spur Salpetersäure sich aufblähen oder nicht. In einem amerikanischen Pegmatit (einer Varietät des Granits) fand sich ein Graphit, der sich enorm aufzublähen vermochte: bei Anwendung von 6 g in einem Ballon von 500 ccm Inhalt vermehrte sich bei Gegenwart von 3 g chlorsauren Kalis und 20 ccm Salpetersäure nach mehreren Stunden sein Volumen derartig, dass das Gefäss zur Hälfte ausgefüllt wurde; bei der zweiten Einwirkung fuhr er mit Aufblähen fort, so dass das Gefäss gewechselt werden musste (der Fundort dieses Graphits war nicht angebbar). Manche natürlichen Graphite, so diejenigen von Borrowdale (Cumberland), sind reich an eingeschlossenen Gasen, die sie mit grosser Energie festhalten; 1 ccm dieses Graphits bis zur Rotglut im Vakuum erhitzt, lieferte 4,1 ccm Gas, bestehend aus Luft (0,7 ccm), Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen. Auch die aus flüssigen Metallen abgeschiedenen Graphite sind leicht schwellbar. Derartiger Graphit lässt sich mit Hülfe des elektrischen Ofens besonders leicht herstellen, wenn man Platin in einem Kohlentiegel einige Zeit im Sieden erhält. Das Aufblähen dieser nach der Abscheidung gebildeten Varietät muss einer heftigen Gasentwicklung zugeschrieben werden. Die im elektrischen Ofen durch einfache Temperaturerhöhung erhaltenen Graphite dagegen sind nicht schwellbar. Jacquelin zeigte zuerst, dass der im elektrischen Lichtbogen erhitzte Diamant sich in Graphit umwandelt. Ferner ändern sich die Enden der Kohlen-Elektrode allmählich in compakten Graphit ohne Krystallisation um, der beim Behandeln mit conzentrierter Salpetersäure ein gelbes graphitisches Oxyd liefert. Auch aus Zuckerkohle, welche im verschlossenen Tiegel 10 Minuten lang der Einwirkung des elektrischen Lichtbogens aus einem Strom von 350 Ampère und 70 Volt ausgesetzt wurde, liess

sich Graphit gewinnen; desgleichen aus der Holzkohle. Ersterer ergab bei der Analyse 99,87 *C*, 0,032 *H*, 0,110 Asche. Die künstlichen Graphite können amorph oder krystallisiert sein. Ihre Dichte schwankt zwischen 2 und 2,5; ihre Entzündungstemperatur für Sauerstoff liegt bei etwa 660°; wenn sie rein sind, schliessen sie keinen Wasserstoff ein. Ein im elektrischen Ofen hergestellter Graphit liefert nach vorheriger Erhitzung im Vakuum bei seiner Verbrennung in Sauerstoff kein Wasser mehr. Dagegen giebt das gewöhnliche Gusseisen mit Säure behandelt wasserstoff- und sauerstoffhaltige Gemische, die bei der Temperatur der dunkeln Rotglut unzerstörbar sind. Die Widerstandsfähigkeit eines im elektrischen Ofen dargestellten Graphits gegen Sauerstoff wächst mit der Temperatur, der man ihn unterworfen hatte. Leicht angreifbarer Graphit, z. B. der von Ceylon, kann durch starkes Erhitzen schwer angreifbar gemacht werden. Diese Thatsache beweist das Vorhandensein mehrerer Varietäten des Graphits, ähnlich denen des amorphen Kohlenstoffes.

3. Diamant. In den „Voruntersuchungen" behandelt Moissan u. a. die Bedingungen der Verbrennung des Diamanten. Auf die Temperatur, bei welcher die — seit Lavoisier bekannte — Verbrennung stattfindet, wurde bisher wenig Wert gelegt. Moissan findet, dass die nach Fundort und Farbe verschiedenen Varietäten bei beträchtlich verschiedenen Temperaturen verbrennen. So begann ein durchsichtiger Diamant aus Brasilien bei einer Temperatur von 760 bis 770° zu brennen; ein anderer vom Kap bei 790°, mit Flamme aber erst bei 840°. Genau ebenso verhielt sich ein weiterer aus Brasilien. Ein sehr hartes Stück fing erst bei 800° an zu brennen und entflammte sich bei 875°. — Sodann wurde Diamant in seinem Verhalten gegenüber der Einwirkung verschiedener Körper von neuem untersucht. In Wasserstoffgas bei 1200° erhitzt, veränderte der Diamant vom Kap sein Gewicht nicht; zuweilen leidet die Farbe und Durchsichtigkeit ein wenig. Im Fluorstrom bis zur Rotglut erhitzt, bleibt der Diamant unverändert, während Graphit bereits bei dunkler Rotglut, und Russ bei gewöhnlicher Temperatur angegriffen wird. Ebenso hatten trockenes Chlorgas und Fluorwasserstoffgas bei 1100 bis 1200° keinen Einfluss. Schwefeldampf wirkt nur schwer auf den Diamanten ein, etwa bei 1000°; mit schwarzem Diamant vollzieht sich die Umwandlung zu Schwefelkohlenstoff etwas leichter und schon bei 900°. Natriumdampf wirkt bei 600° nicht ein. Eisen, flüssig gemacht, verbindet sich lebhaft mit dem Diamanten und setzt ihn beim Abkühlen als Graphit ab; Platin löst ihn mit besonderer Schnelligkeit. Die Sulfate der Alkalien greifen im geschmolzenen Zustande den Diamanten nicht an. Bezüglich der schon von Anderen untersuchten Einwirkung oxydierender Körper erinnert Moissan daran, dass Berthelot die Trennung der verschiedenen Kohlenstoffarten mittels chlorsauren Kalis und Salpetersäure zeigte, während Ditte nachwies, dass wasserfreie Jodsäure bei 260° alle Kohlenstoffarten mit Ausnahme des Diamanten angreift. Geschmolzenes Kaliumchlorat, desgleichen Salpeter greifen, wie bereits erwähnt, wohl die anderen Kohlen, aber nicht den Diamanten an. Hält man aber einen Diamanten in geschmolzenes kohlensaures Kalium oder Natrium von der Temperatur 1000 bis 1200°, so verschwindet er ganz plötzlich unter Bildung von Kohlenoxyd. Moissan vermutet, dass die auffällige Erscheinung mit einer Entbindung von eingeschlossenem Wasserstoff zusammenhänge, doch führte ein weiterer, mit Analyse verbundener Versuch zu keinem Ergebnis; Moissan wünscht aber, dass der Versuch mit grösseren Mengen wieder aufgenommen werden möchte. — Schliesslich werden die Resultate von 11 Aschenanalysen mitgeteilt. Danach enthalten alle Proben von dem berühmten Vorkommen am Kap bemerkenswerte Mengen von Eisen. (Die dortigen, seit kaum 30 Jahren bekannten Fundgruben liefern nicht nur zur Zeit die meisten Diamanten, sondern haben in dem genannten kurzen Zeitraume überhaupt schon mehr geliefert, als alle Diamantfundorte der Erde zusammengenommen jemals. Man vergl. den besonders das geologische Vorkommen berücksichtigenden Aufsatz über den Diamanten von R. Scheibe in der Naturw. Wochenschr. XI, No. 37 u. 38.) Das Eisen bildet sogar den grösseren Teil der Asche und wurde auch in den Diamanten von Brasilien (mit einer einzigen Ausnahme) wiedergefunden. In allen Proben wurde ferner *Si* und in den meisten die Gegenwart von *Ca* nachgewiesen. Beispielsweise ergab die Analyse eines brasilianischen Diamanten 2,2% *Fe*,

1,4 *Si*, 0,6 *Ca* und Spuren von *Mg*. — Von den mikroskopischen Diamanten aus der „Blauen Erde“ vom Kap und aus dem diamantenführenden Sande Brasiliens stellte Moissan fest, dass dieselben teils durchsichtig, teils schwarz und meist abgerundet sind; zuweilen gut krystallinisch, zuweilen aber auch in der Form flüssiger Tropfen auftreten. Ihre Dichte schwankt. Hierauf legt Moissan besonderes Gewicht, ebenso auf die Thatsache, dass in der genannten Erde auch Graphit, sogar in relativ grösserer Menge, sich vorfindet. — Die Existenz von Diamant in Meteoriten wurde zuerst von Friedel in dem vielgenannten Meteoreisen von Cañon Diablo (Arizona) nachgewiesen *(Compt. rend. t. CXV, p. 1037, 1892)*. Moissan unterwarf mehrere Proben einer erneuten Untersuchung, besonders um die Arten des vorhandenen Kohlenstoffs festzustellen. Das wichtigste untersuchte Fragment enthielt einen durchsichtigen Diamanten von der Grösse 0,7 mm zu 0,3 mm, ferner schwarze Diamanten und eine Kohle von geringerer Dichte, desgleichen Graphit. Auch bezüglich des Meteoreisens von Novy-Urej (Gouvernement Penza, Russland), gefallen am 23. Aug. 1886, werden die Untersuchungen von Jeroseïeff und Latchinof bestätigt, wonach dieser Meteorit schwarzen Diamant enthält. — Bezüglich der oben erwähnten Umwandlung von Diamant in Graphit (Jacquelin, *Ann. d. ch., 3. sér., t. 20, 1847)* führt Moissan näher aus, wie man den Versuch vor einem grösseren Auditorium anstellen könne. Übrigens gelang ihm auch die Umwandlung mit Leichtigkeit, als er die positive Elektrode in einem kleinen Kohlentiegel, der zur Aufnahme des Diamanten diente, endigen liess; es genügte der Lichtbogen eines Stromes von 40 Amp. und 30 Volt.

Durch verschiedene der im vorstehenden berührten Thatsachen, insbesondere durch das Vorkommen des Diamanten im Innern von Meteoriten, wurde Moissan bekanntlich schon vor Jahren darauf geführt, die künstliche Darstellung des Diamanten zu versuchen, und zwar unter Anwendung grossen Druckes. Zur Erzielung des letzteren wurde der Umstand benutzt, dass kohlenstoffhaltiges Eisen bei seinem Übergange aus dem flüssigen in den festen Aggregatzustand sein Volumen vermehrt. Die Methode, der er seine berühmten Resultate verdankt, ist im ganzen die frühere, in *dieser Zeitschrift VI 260* beschriebene, und es handelt sich an dieser Stelle hauptsächlich um die Wiedergabe einiger spezieller Daten und neuerlicher Abänderungen der Methode. Der — mit innerem Schraubengang versehene — Eisencylinder, in dem die Zuckerkohle mittels einer dem erwähnten Schraubengang entsprechenden eisernen Schraubenspindel zusammengepresst wurde, hatte eine Höhe von nur 4 cm, einen inneren Durchmesser von 1 cm und eine Dicke von 8—10 mm. Zur Vornahme des Versuches werden im elektrischen Ofen etwa 50—200 g weiches Eisen geschmolzen — eine Operation, die nur wenige Minuten erfordert —, und in dieses Bad der die Kohle enthaltende Cylinder schnell eingetaucht. Danach wird das Ganze herausgenommen und, behufs Bildung einer widerstandsfähigen Kruste, zuerst in Wasser, dann langsam an der Luft gekühlt. Es wurden nach dieser Methode von neuem schwarze und durchsichtige Diamanten gewonnen; einer der letzteren mafs 0,38 mm; im Sauerstoff verbrannte er bei 900°. Bei einer anderen Versuchsreihe benutzte Moissan zur Abkühlung Eisenfeile statt des Wassers. 200 g Gusseisen wurden im elektrischen Ofen mit Kohlenstoff gesättigt und in eine mit einer Vertiefung versehene Masse Eisenfeile geschüttet und mit weiterer Eisenfeile im Überschuss bedeckt. Das Gusseisen umgiebt sich mit geschmolzenem Eisen und das Ganze wird, dank der Leitungsfähigkeit der Eisenfeile schnell gekühlt. Nach der Einwirkung kochender Salzsäure (behufs Entfernung des Eisens) und nach Behandlung mit Kaliumchlorat und Salpetersäure, und schliesslich mit Fluorwasserstoffsäure und siedender Schwefelsäure blieben kleine Diamanten zurück, welche in ihrem Innern winzige schwarze Punkte enthielten. Solche Diamanten kommen auch natürlich vor und heissen bei den Juwelieren Krötendiamanten: sie besitzen die Dichte 3,5; es ist anzunehmen, dass bei ihrer Bildung ein geringerer Druck wirkte. Als Moissan weiterhin zur noch besseren Abkühlung Blei verwandte, erhielt er besonders durchsichtige Diamanten; einer derselben, mit dem Durchmesser 0,57 mm, hatte die Form eines Dreiecks mit abgerundeten Ecken. Bei einer weiteren Methode liess Moissan das im elektrischen Ofen vorbereitete Metall langsam in ein darunterstehendes Gefäss fliessen, so dass

die einzelnen Massen kugelige Gestalt annahmen; in dem Gefäss war eine 10 cm dicke Schicht Quecksilber, über welchem eine nochmal so dicke Schicht Wasser stand. Durch die erlangte Geschwindigkeit fielen die erwähnten Kugeln zunächst bis auf den Grund des Quecksilbers. Der Versuch wurde übrigens unter Benutzung eines Brunnenschachtes von 32 m Tiefe wiederholt. Auf diese Weise wurden ebenfalls schwarze und durchsichtige Diamanten gewonnen. Auch mit Silber wurden Versuche angestellt, da karburiertes Silber ebenso wie Gusseisen eine Volumvergrösserung bei der Abkühlung erfährt; es wurden jedoch nur schwarze Diamanten von der Dichte 2,5—3,5 erzielt. Moissan misst diesen Versuchen insofern Wert bei, als sie zeigen, dass es eine ganze Reihe von Kohlen giebt, von der Dichte des Graphits bis zu der des Diamanten. — Mit Wismuth, dessen starke Volumvergrösserung bei der Abkühlung bekannt ist, führten die Versuche zu keinem Resultat; vielmehr trat, als die Masse zur Abkühlung in Wasser geworfen wurde, eine heftige Explosion ein.

Um die Identität der künstlich gewonnenen Diamanten mit den natürlichen zu erweisen, wurden mehrere Verbrennungen unter Berücksichtigung der Gewichte vorgenommen. In einem Versuche wurden nur durchsichtige, aus Eisen erhaltene Diamanten verwendet. 80 derselben gaben erst ein Gewicht von 0,0155 g; 0,013 g wurden verbrannt und lieferten 0,0496 g Kohlensäure, statt 0,0476 g nach der Theorie. Der Rückstand von 0,0025 g zeigte manche Eigentümlichkeiten. Er bestand, unter dem Mikroskop betrachtet, aus abgerundeten Körnchen von einer Dichte, höher als 3,5; dieselben ritzten den Rubin; sie widerstanden der Einwirkung des Sauerstoffs bei 1000°, verschwanden aber gänzlich bei der Behandlung mit siedender Schwefelsäure. Moissan möchte sie vorläufig für eine besondere Varietät des Siliciums oder für eine Siliciumverbindung halten. Eine weitere Analyse gab aus 0,0057 g durchsichtiger Diamanten 0,0205 g Kohlensäure, statt nach der Theorie 0,0209 g, dagegen nur unwägbare Spuren von Asche.

In den bemerkenswerten Schlussfolgerungen weist Moissan auf die Identität der künstlich gewonnenen Diamanten mit den natürlichen hin. Er vergleicht ferner den Kohlenstoff mit dem Arsen; beide gehen sowohl im luftleeren Raum wie unter gewöhnlichem Druck vom festen gleich in den gasförmigen Zustand über. Wenn der gasförmige Kohlenstoff in den festen Zustand zurückkehrt, liefert er immer Graphit. — Unter gewöhnlichem Druck wird eine gewisse Varietät des amorphen Kohlenstoffs bei genügend erhöhter Temperatur polymerisiert und erreicht einen festen krystallinischen Zustand, in dem seine Eigenschaften beständig werden. Dies ist der Graphit. Bei derselben Temperatur nimmt Diamant, ohne flüssig zu werden, die Graphitform an. Nichtsdestoweniger, muss man annehmen, kann Kohlenstoff in den flüssigen Zustand übergeführt werden, allerdings nur bei sehr starken Drucken. In diesem Fall vermehrt sich seine Dichte und man erhält Diamant. So wurden bei den Versuchen kleine Diamanten vom Aussehen eines verlängerten Tropfens erhalten, wie sie zuweilen in der Natur, ohne eine Spur von Krystallisation, vorkommen. Der Kohlenstoff kann also flüssig werden, er wird dann dichter und durchsichtig und kann dann entweder krystallinisch oder amorph erstarren. Eine Unreinigkeit, eine Spur eines regulär krystallisierenden Körpers kann mit Leichtigkeit eine reguläre Krystallform oder ein Aggregat gestörter Krystalle herbeiführen. Ist der Druck ein wenig schwächer, so ist der Diamant untermischt mit Kohlenstoffteilchen, welche ihre schwarze Farbe beibehalten (Krötendiamanten). Wird endlich der Druck noch schwächer, erhält man nur mehr oder weniger schlecht krystallisierten Diamanten, Kohlenstoff, dessen Dichte geringer ist als die des Diamanten. Alle diese verschiedenen Varietäten: reguläre Oktaeder, Würfel, Stücke unbestimmter Krystallisation, längsspaltende Krystalle, Tropfen, Krötendiamanten, Kohlen — wurden bei den Untersuchungen thatsächlich erhalten. Sie rechtfertigen die theoretischen Ansichten über das Flüssigwerden des Kohlenstoffs. *O.*

---

4. Unterricht und Methode.

Didaktik und Methodik des Chemie-Unterrichts. Von Dr. Rudolf Arendt, Professor an der öffentlichen Handelslehranstalt in Leipzig und Redakteur des Chemischen Centralblattes.

München 1895, Oskar Beck. 74 S. M. 1,80 [1]). Eine Veröffentlichung von R. Arendt, der vor mehr als 30 Jahren den Unterricht in der Chemie umzugestalten begonnen hat, und dessen Grundsätze nicht nur für seine eigenen, so sehr verbreiteten Lehrbücher, sondern auch für viele Nachfolger mafsgebend geblieben sind, verdient unter allen Umständen die Aufmerksamkeit der Fachgenossen. Bei der vorliegenden Schrift gilt dies weniger für den positiven Teil, der naturgemäfs nicht sehr von den früheren Ausführungen des Verfassers abweicht, als von der hinzugefügten Kritik der Wege, die andere Methodiker eingeschlagen haben; hier ist selbst für den Kenner der einschlägigen Litteratur vieles Neue und Beherzigenswerte zu finden.

In der Einleitung haben wir eine Besprechung des Zieles des chemischen Unterrichts vermifst. Statt dessen wird die Schwierigkeit dieses Unterrichts geschildert, wie sie aus dem Mangel eines Wahrnehmungsvermögens für stoffliche Veränderungen hervorgeht. Daher können wir diese „als solche durch direkte Anschauung sinnlich nicht erfassen, sondern das wahre Wesen derselben nur durch eine Verstandesoperation erschliefsen“. Hiernach scheint der Verfasser als höchsten Zweck des Unterrichts die Einsicht in „das wahre Wesen“ der chemischen Vorgänge zu betrachten, soweit man unsere Kenntnis der hierher gehörigen Gesetze und unsere Theorieen so bezeichnen darf. Jedoch wird später vielfach auch auf letzte Ziele von mehr praktischer Art hingedeutet.

Wie soll man nun den Schüler in die Elemente der Wissenschaft einführen? Ist die „systematische Unterrichtsmethode“, welche „die auf induktivem Wege gewonnenen Resultate chemischer Forschung als gegebene Thatsachen betrachtet“ und sie dem Lernenden darbietet „unbekümmert darum, ob er den verborgenen Mechanismus des eigentlichen chemischen Vorganges begreift oder nicht“, hierzu geeignet? — Eine Analyse des bekannten Grundrisses der Chemie von Fr. Rüdorff zeigt, dafs ein solches Verfahren notwendig das Allgemeine vor dem Besonderen bringen, daher mit schwierigen Begriffen wie Element, Affinität, Atomgewicht u. s. w. beginnen und nicht zum Verstehen, sondern zum Auswendiglernen führen mufs. Gegen diese scharfe Kritik wird vom Standpunkte der modernen Pädagogik nicht viel einzuwenden sein. Doch sei die Bemerkung verstattet, dafs ein derartiger „nur darbietend“ verfahrender Unterricht wohl nirgends mehr existiert, und dafs Lehrbücher nach Art des Rüdorffschen auch kaum den Anspruch erheben, als Vorschrift für den Gang des Unterrichts zu dienen, vielmehr nur den Umfang des Stoffes bestimmen und diesen in wissenschaftlicher Weise geordnet darstellen wollen. Der Verfasser wendet sich alsdann seinem eigenen Lehrgange zu, für dessen Vorzüge er energisch eintritt. „Ich kann“, so sagt er S. 11, „meine Aufgabe nur darin erblicken, in erster Linie ein Vertreter meiner eigenen Ideen zu sein; denn nur für diese vermag ich mit voller Überzeugung einzutreten, nachdem ich ein ganzes Menschenalter hindurch ihre Zweckmäfsigkeit und Entwickelungsfähigkeit sowie ihre Anpassungsfähigkeit für Schulen sehr verschiedenen Ranges durch praktischen Unterricht nicht nur selbst genügend erprobt, sondern auch von den Resultaten zahlreicher Fachgenossen, die der gleichen Methode folgen, dauernd Kenntnis genommen habe.“ Dementsprechend giebt der Verfasser eine ausführliche, auch im Wortlaut oft an seine älteren Schriften erinnernde Darstellung seines Lehrganges. Diesem zufolge soll bekanntlich der Unterrichtsstoff nicht systematisch, d. h. nach den Elementen, sondern methodisch, nämlich von den einfacheren zu den zusammengesetzteren Vorgängen aufsteigend, geordnet sein. „Die Reaktion bildet also den Einteilungsgrund, sie ist die Richtschnur und das Mafs für den Fortschritt. Ihr ordnen sich die Stoffe unter, insofern bei ihnen immer nur solche Veränderungen der Beobachtung und Besprechung zu unterziehen sind, welche durch die jeweilige Reaktion veranlafst werden.“

Auf dieser Grundlage baut sich folgendes Lehrgebäude auf. Die erste Stufe (Metalle, deren Oxyde, Sulfide und Haloide) behandelt die Addition zweier Stoffe, die zweite (Reduktionen) umgekehrt die Abscheidung von Elementen aus binären Verbindungen nebst Sub-

[1]) Sonderausgabe aus Dr. A. Baumeisters „Handbuch der Erziehungs- und Unterrichtslehre für höhere Schulen“.

stitutionen in den letzteren; auf der dritten Stufe (Hydrate und Salze) werden ternäre Verbindungen vorgeführt, während auf der vierten (partielle Reduktionen, Spaltung im Radikal) tiefergreifende Zersetzungen die bloſsen Wechselzersetzungen ablösen und dadurch auch das Verständnis für Strukturformeln erzielt wird. — Man muſs zugeben, daſs bis hierher wirklich die Reaktion „die Richtschnur" für den Fortschritt gewesen ist. Für den Übergang zu den beiden weiteren Abschnitten vermiſst man jedoch die gleiche logische Notwendigkeit. Vielmehr soll die fünfte Stufe (Hydrüre) die Kenntnis der Wasserstoffverbindungen ergänzen und dabei das Avogadrosche Gesetz nebst den Valenzverhältnissen experimentell behandeln, und schlieſslich ist die sechste Stufe (theoretische Schluſsbetrachtungen über Atom- und Molekulargewicht u. s. w.) zur Abrundung der theoretischen Vorstellungen bestimmt. Der vorletzte Abschnitt kann gleichzeitig bei Gelegenheit des Methans und Äthylens den Übergang zur organischen Chemie, deren Behandlung eigentlich für alle höheren Schulen verlangt werden müsse, vermitteln.

Zwischen die beiden Kapitel über die anorganische und über die organische Chemie ist eine lehrreiche Untersuchung über die so sehr wichtige Frage eingeschaltet, inwieweit sich dieser „methodische Lehrgang mit den in den verschiedenen deutschen Staaten geltenden Lehrplänen der höheren Schulen verträgt". Es ergiebt sich, daſs überall eine Übereinstimmung erzielt werden kann, obgleich die — in dankenswerter Weise hier zusammengestellten — amtlichen Unterrichtsaufgaben der Gymnasien und Realanstalten Preuſsens, Sachsens, Bayerns u. s. w. ausnahmslos den Unterrichtsstoff nicht methodisch, sondern systematisch anordnen.

Die weiteren Erörterungen des Verfassers sind kritischer Art. Es werden nämlich die auf anderen Grundsätzen aufgebauten Bearbeitungen der Chemie von seiten jüngerer Methodiker besprochen. Unter diesen neueren Richtungen wird mit Recht die von F. Wilbrand ausgehende als die wichtigste am eingehendsten dargestellt. Sie wird folgendermaſsen charakterisiert: „Die Einteilung und Anordnung nach Elementen ist mehr oder weniger vollständig verlassen, statt dessen sind gewisse aus der Erfahrung gegriffene Stoffe meist zusammengesetzter Art (bekannte Chemikalien oder Mineralien) in freier Anordnung der Einteilung zu Grunde gelegt, um welche sich der Lehrstoff gruppenweise ordnet und daraus in rein analytischer Behandlungsweise induktiv entwickelt wird." Der Verfasser läſst den Vorzügen dieser Richtung volle Gerechtigkeit angedeihen, und jeder Fachgenosse wird ihm zustimmen, daſs die Methode der wissenschaftlichen Forschung von Wilbrand in der scharfsinnigsten Weise verwertet wird; andererseits wird man aber auch kaum den hier ausgesprochenen Einwurf für unberechtigt erklären können, daſs nämlich die wirkliche experimentelle Durchführung der von Wilbrand zusammengestellten Untersuchungsreihen für unsere höheren Schulen zu zeitraubend sei.

Schlieſslich wird auch die neueste, noch im Werden begriffene Bewegung zur Reform des chemischen Unterrichts sachgemäſs beleuchtet. Dieser liegt der auch auf anderen Gebieten jetzt so viel betonte historische Gedanke zu grunde, sie will den Stoff gemäſs der geschichtlichen Entwickelung der chemischen Kenntnisse anordnen. Durch Kritik des hierher gehörigen Lehrganges von J. Capesius wird gezeigt, daſs das historische Moment zwar in ausgezeichneter Weise zur Vertiefung und Belebung des Unterrichts verwandt werden kann, aber als Basis desselben — wenigstens nach den bisherigen Erfahrungen — kaum brauchbar erscheint. Wir unsererseits pflichten dem völlig bei. —

Diese Skizze des Inhalts der neuen Schrift wird zeigen, daſs Herr Arendt, so Dankenswertes er auch in derselben geboten, manche wichtige hierher gehörige Frage gänzlich auſser Acht gelassen oder höchstens gestreift hat. In mehreren Fällen hat er sich durch Hinweis auf seine früheren Veröffentlichungen geholfen. Beispielsweise findet man in der Abhandlung nur dürftige Andeutungen über die methodische Gestaltung der Atomlehre, sowie über die Stellung des Experimentes im Unterricht und über die Technik desselben. Bezüglich des letzten Punktes hätte wenigstens nicht nur des Verfassers eigene Schrift angeführt werden sollen. So ist das Werkchen nicht in vollem Sinne eine „Didaktik und Methodik des

Chemie-Unterrichts". Hingegen ist es eine höchst lehrreiche kritische Übersicht über die neueren Strömungen auf diesem früher arg vernachlässigten Gebiete, eine Übersicht, wie sie in der Litteratur bisher noch gänzlich fehlte. Auch diese Schrift des so hoch verdienten Verfassers ist daher den Fachgenossen dringend zu empfehlen und dürfte insbesondere in den pädagogischen Seminarien mit grofsem Vorteil den Besprechungen über den chemischen Unterricht zu Grunde gelegt werden. *J. Schiff.*

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Vacuumröhrenbeleuchtung. Herrn Mc Farlan Moore ist es gelungen, mittels eines Vacuumunterbrechers und eines gewöhnlichen Elektromagneten, der zugleich das Induktorium ersetzt, 2 m lange und 5 cm dicke Vacuumröhren mit äufseren Elektroden so zu erregen, dafs sie ein helles, gleichmäfsiges, weifses Licht ausstrahlen. Am 22. April 1896 berichtete der Erfinder in einem durch 27 Mooresche Röhren erleuchteten Saale dem American Institute of Electrical Engineers über seine Erfolge. Der Vortrag und die sich daran schliefsenden Erörterungen sind in den *Transactions of the Americ. Institute of Electr.* und in der *E. T. Z. XVII 637, 1896* veröffentlicht worden. Der Kern der neuen Erfindung ist der Vacuumvibrator (Fig. 1). Er besteht aus einer Feder, die an dem einen Ende befestigt ist und an dem anderen freien Ende eine kleine Scheibe trägt. Die Mitte der Feder legt sich gegen eine Contaktspitze. Feder und Spitze befinden sich in einer Glasröhre, aus der die Luft ausgepumpt ist. Bringt man den Vibrator über einen Elektromagneten, und

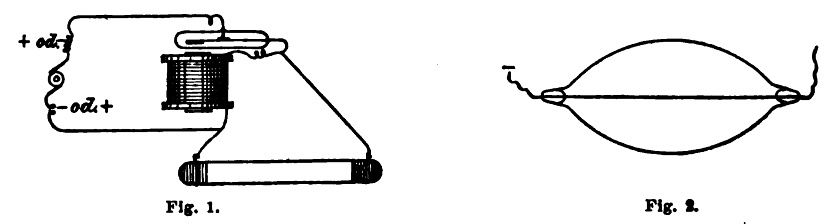


Fig. 1. Fig. 2.

schaltet man beide hintereinander in einen Stromkreis, so sendet eine elektrodenlose Vacuumröhre, deren äufsere Endbelegungen durch Drähte mit den Spulenenden verbunden sind, ein kräftiges weifses Licht aus. Geht durch die Vacuumröhre ein Draht (Fig. 2) und ist das Vacuum niedrig, so erscheint er in ein zartes purpurrotes Licht eingehüllt, wenn das eine Ende des Drahtes mit der negativen Elektrode des Vibrators verbunden, das andere aber frei ist. Ist das Vacuum höher, so erfüllt ein milchweifses Licht die ganze Röhre. Bei genauerer Untersuchung bemerkt man, dafs der Draht in seiner unmittelbaren Nähe von

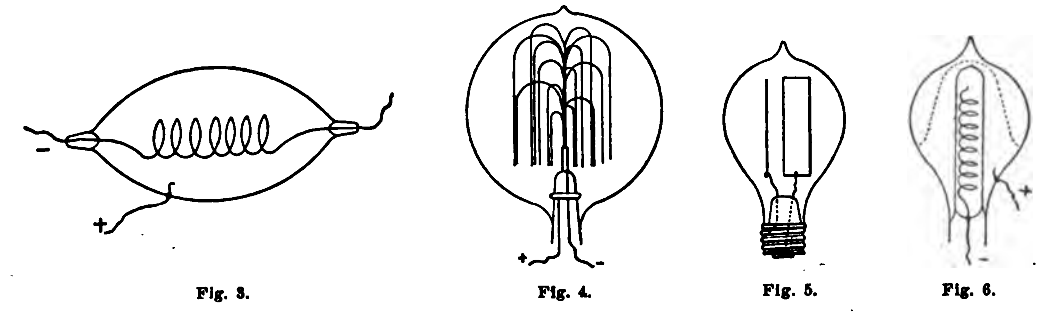


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

einem ganz schmalen dunklen Raum umgeben ist, um den sich Lichtringe, die mit ihm concentrisch sind, rasch zu drehen scheinen. Wird der einfache Draht in der Mitte auf eine Länge von etwa 7,5 cm in sechs Litzen verzweigt, welche einen eiförmigen Käfig bilden, so wird nicht die ganze Birne, sondern nur das Innere des Käfigs mit Licht erfüllt. In anderen Lampen hatte der Draht die Form einer Spirale. Versieht man die Lampe Fig. 3 noch mit einer positiven Elektrode, so wird das Leuchten stärker. Bei der Auswahl des Stoffes der Fäden und Spiralen hat man darauf zu achten, dafs er möglichst wenig okkludiertes Gas

enthält und durch den Strom möglichst wenig zerstäubt wird. In der Lampe Fig. 4 sind gewöhnliche Glühlampenfäden wie die Strahlen eines Springbrunnens angeordnet. Beim Leuchten geraten die freien Enden der Fäden in lebhafte Schwingungen; kommt dabei ein Faden mit dem Glase in Berührung, so gerät er in Rotglut. Bei der Lampe Fig. 5 sind die Elektroden zwei gleich grofse, sorgfältig gereinigte Platinblechstreifen, die einen rechten Winkel mit einander bilden. Hier bildet das positive Blech einen Spiegel für das Licht der negativen Elektrode. Ist der Primärstrom ein Wechselstrom, so leuchten beide Platinbleche. Bei der Lampe Fig. 6 befindet sich die Spirale in einer Vacuumröhre, die in eine Birne eingesetzt ist, die mit einer positiven Elektrode versehen ist. Bei dem Versuche leuchtete die kleine Röhre an ihren Enden; in der Birne zeigte sich dagegen ein schwaches Licht, dessen Umrifs durch die punktierte Linie angedeutet wird.

Die Mooreschen Lampen können mit der Magnetspule oder mit den Elektroden des Vibrators verbunden werden. Sie leuchten auch gleich gut, ob sie neben- oder hintereinander geschaltet sind, wenn nur ihre negativen Elektroden gleich grofs sind. Ist dies nicht der Fall, so leuchtet die Lampe mit der gröfsten negativen Elektrode heller als die anderen. Schaltet man eine einzelne kleine Lampe in einen Stromkreis von beträchtlicher Induktion, so ist eine bestimmte Entladung imstande, die Lampe zu zerstören. Man kann das Verteilungssystem selbstregulierend machen, indem man mit jeder Lampe einen induktiven Widerstand verbindet.

Auf die Construktion des Magnets, der kurz und dick sein mufs, ist grofse Sorgfalt zu verwenden; die Gröfse des Eisenkerns mufs den Verhältnissen des Stromkreises angepafst sein, auch die Anzahl der Windungen des Magnets beeinflufst das Leuchten. Sind Stromkreis, Magnet, Vibrator so einander angepafst, dafs gutes Licht erzeugt wird, so erreicht man die gröfste Lichtstärke für einen gegebenen Strom durch Abstimmen des Stromkreises, d. h. durch Änderungen seiner Selbstinduktion und des Magnetkernes. Auffallend ist, dafs man mit verhältnismäfsig wenigen Drahtwindungen durch eine einvoltige Batterie ganz starkes Licht erzeugen kann. Durch Anwendung einer Sekundärspule kann es noch verstärkt werden.

Die beschriebenen Lampen sind für praktische Zwecke nicht geeignet, hierfür sind lange Röhren mit äufseren Elektroden zweckmäfsiger; denn das Licht dieser Röhren ist frei von störenden Schichtungen, die stets auftreten, wenn innere Elektroden verwandt werden. Die äufseren Elektroden können entweder Metallkappen oder besser nur Anstriche von Metallfarbe sein. Hinsichtlich der Lichtstärke und des Kraftverbrauchs können die 2 m langen und 5 cm dicken Vacuumröhren Moores der gewöhnlichen Glühlampe von 16 NK an die Seite gestellt werden. Um die Stromunterbrechungen in der Sekunde noch zu steigern, hat Moore auch Vibratoren mit zwei Kontakten in der Röhre construiert, hiermit erzielt man jedoch kein gleichmäfsiges Licht. Bei einem andern Vibrator wurde das Schliefsen des Stromes durch einen kleinen und das Öffnen durch einen grofsen Magneten besorgt.

Teslas Licht der Zukunft ist nicht das Licht der Gegenwart geworden, auch Moores Vacuumröhren lösen die Aufgabe, ein wärmeloses Licht herzustellen, noch nicht vollständig; aber der Vacuumunterbrecher bedeutet einen erheblichen Fortschritt in der Lichterzeugung durch Geifslersche Röhren. *H.-M.*

Die magnetische Ungleichmässigkeit des Eisens und Stahls haben A. Ebeling und Erich Schmidt in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt einer näheren Prüfung unterzogen (*Wied. Ann. 58, 330, 1896*). Ein Volljoch aus Stahlguss hatte einen Hohlraum zur Aufnahme der Magnetisierungsspule; im Innern dieser befand sich die Induktionsspule, welche den zu untersuchenden Eisenstab eng umschloss. Bei einer Länge von 33 cm und einem Durchmesser von 0,6 cm wurden die Stäbe an drei Stellen, in der Mitte und an den beiden Enden, geprüft, indem durch Intensitätsänderung des magnetisierenden Stromes der Verlauf der Hysteresis-Kurve festgestellt wurde. Die meisten Stäbe erwiesen sich als sehr ungleichmässig; sogar weiches schwedisches Schmiedeeisen, das technisch als das beste gilt, zeigte sich in einzelnen Stücken als magnetisch minderwertig. Grössere Gleichmässigkeit fand sich

bei Stäben von gegossenem Eisen und Stahl. Die Stäbe wurden dann in dem grossen Ofen der Königlichen Porzellanmanufaktur sehr sorgfältig ausgeglüht und hierauf von neuem untersucht. Es zeigte sich, dass die Ungleichheiten in dem geschmiedeten Eisen durch das Ausglühen nicht beseitigt waren; ein Stahlstab wurde dagegen durch das Ausglühen sehr verbessert. Abgesehen vom Schmiedeeisen scheint gleichmässiges Glühen das Material zu verbessern, während ungleichmässiges Glühen eine Verschlechterung bewirkt. *Schk.*

Magnetisierung und Hysterese einiger Eisen- und Stahlsorten. Infolge der Einführung und zielbewussten Anwendung zweckmässiger magnetischer Messverfahren, die im Laufe der letzten Jahre ihren Weg aus dem Laboratorium in die Werkstatt gefunden haben, hat die Metallurgie so grosse Fortschritte gemacht, dass der Einblick in das bisher Geleistete, den die Mitteilungen von H. du Bois und E. Taylor Jones in der *E. T. Z. XVII 543, 1896* gewähren, nicht nur für den Techniker, sondern auch für den Physiker von Wert ist. Von dem verschiedenartigen Material, das sie untersucht haben, behandeln sie a. a. O. 5 weiche und 3 harte Sorten, die besonders bezeichnende Eigenschaften besitzen und in der folgenden Tafel nach zunehmenden Werten ihrer Hysterese (dem hysteretischen Energieumsatz, in Kiloerg pro Kreisprozess pro Kubikcentimeter ausgedrückt) geordnet sind.

Nummer	Sorte	Bezugsquelle
I	Schwedisches Walzeisen	Schweden
II	Dynamo-Stahlfaçonguss	Friedr. Krupp, Essen
III	Dynamo-Stahlguss	Bergische Stahl-A.-G., Remscheid
IV	Steierisches Walzeisen	Gebr. Böhler & Co., Wien
V	Dynamo-Stahlguss	Oeking & Co., Düsseldorf
VI	Haarlemer Magnetstahl	N. van Wetteren, Haarlem
VII	„Spezial sehr hart“ — Magnetstahl	Gebr. Böhler & Co., Wien
VIII	Wolframstahl	Bergische Stahl-A.-G., Remscheid

Im Bereiche schwächerer Felder bis zu $\pm$ 250 C.G.S. wurden die Messungen mit der Wage von du Bois (*Ber. El. Congress, Frankfurt 1891, E. T. Z. XIII 579*) ausgeführt, eine Anzahl Proben wurde auch bei starken Feldern bis zu 15 000 C.G.S. nach der Ewing-Lowschen Isthmusmethode mit Hilfe eines Ringelektromagnets (*Wied. Ann. LI 537* u. *LVII 258*) untersucht. Die Probestäbe aus II, IV und V wurden im Laboratorium bearbeitet und dann sorgfältig ausgeglüht, wobei die Temperatur in etwa 4×24 Stunden anfangs rascher, dann langsamer von 900° auf 50° herabsank. Die Isthmusstäbe aus I, II und IV wurden ebenfalls nach dem Abdrehen ausgeglüht. Die Permeabilität des untersuchten schwedischen Walzeisens I wird von der des schwerschmelzbaren 99,9 procentigen Elswickschen Reineisens und von der des Jenkinschen Schmiedestahls übertroffen; dagegen ist seine Hysterese (6,6) und Coërcitivintensität (0,8) ausserordentlich gering und dürfte es in dieser Hinsicht unübertroffen dastehen. Aus den Mitteilungen von Ewing und Parshall (*Proc. Inst. Civil. Ing. CXXVI, 19. Mai 1896*) geht hervor, dass höchste Permeabilität und geringfügige Hysterese sich bis zu einem gewissen Grade ausschliessen. Es haben daher auch die Fabrikationen von Dynamomaterial und von Transformatorblech verschiedene Wege eingeschlagen. Die Vereinigung beider Eigenschaften ist jedoch erwünscht bei dem Material für die Joche, die bei verschiedenen Messverfahren benutzt werden, und für die Panzer, die bei störungsfreien Galvanometern erforderlich sind. Der Kruppsche Stahlguss (II) hatte von dem untersuchten Gussmaterial die höchste Permeabilität für schwache Felder und die geringste Hysterese (12,5). Seine Coërcitivintensität (1,8) ist dagegen um weniges grösser als bei III (1,7). Schon 1889 fand Negbaur (*E. T. Z. X 351*) bei seinen Versuchen mit Flusseisen, dass es sich so hoch wie das beste weiche Eisen magnetisieren lässt. Seitdem ist die Metallurgie so weit vorgeschritten, dass die klassische Unterscheidung zwischen den Eigenschaften weichen Schmiedeeisens, mittleren Gusseisens und harten Stahls heutzutage völlig ausgewischt ist. Die mathematische Theorie der magnetischen Induktion setzt ein homogenes und isotropes Ferromagneticum ausdrücklich voraus. Durch die Anwendung eines blasenfreien, möglichst gleichmässigen Gusses erscheint es nunmehr möglich, dieser Bedingung streng zu genügen.

Die neueste und vollständigste Zusammenstellung der auf magnetisch hartes Material bezüglichen Litteratur und wertvolle Constantentafeln giebt Silv. Thompson (The Elektromagnet, 2. Aufl. Kap. XVI, London 1892, übers. Halle 1894). Er führt S. 382 als höchste Coërcitivintensität 51 C.G.S.

an; die bisher bekannten Angaben für die Hysterese überschreiten nicht erheblich den Wert 200. Die Messungen, die H. du Bois und E. Taylor Jones an den drei Stahlsorten gemacht und a. a. O. in drei graphischen Darstellungen und in folgender tabellarischen Übersicht der Hauptdaten niedergelegt haben, ergeben für gehärtetes Material wesentlich höhere Werte.

	VI	VII		VIII			
	hart	weich	sehr hart	weich	hart	sehr hart	
Feldbereich	± 240	± 240	± 240	± 240	± 240	± 240	± 500
Magnetisierungsbereich	± 1270	± 1420	± 1150	± 1320	± 1320	± 1250	± 1280
Remanente Magnetisierung	800	790	600	850	850	800	800
Coërcitivintensität	56	34	75	35	53	72	77
Hysterese	210	145	225	140	205	265	275

Silvanus Thompson ist der Ansicht, dass die von ihm angeführten Stahlsorten von dem sogenannten Haarlemer Stahl übertroffen werden; das a. a. O. veröffentlichte Diagramm für diesen Stahl bestätigt diese Behauptung. Das von N. van Wetteren gelieferte Material erreicht leider nicht mehr die Güte des klassischen Haarlemer Stahls, ob letzteres jedoch VIII sehr hart ebenbürtig war, lässt sich schwerlich entscheiden. Das für VII gegebene Diagramm zeigt deutlich den entscheidenden Einfluss des Härtens: Vergrösserung der Coërcitivintensität, Verringerung der stärksten und der remanenten Magnetisierung. Eine Gerade durch den Schnittpunkt der beiden absteigenden Äste der Commutierungskurven für weichen und sehr harten Stahl, welche dem Entmagnetisierungsfaktor 0,037 oder dem Dimensionsverhältnis (Verhältnis der Länge zum Durchmesser) 34 entspricht, bezeichnet den Grenzfall, für den das weiche und harte Material sich gleich verhält. Abgesehen von der zeitlichen Beständigkeit der Magnetisierung ist für längere Stäbe der weiche, für kürzere Stäbe der harte Stahl vorteilhafter. In dem Diagramm für VIII sind die Commutierungskurven für drei verschiedene Zustände, weich, hart, sehr hart, aufgezeichnet. Der harte Stahl zeigte die höchste bis jetzt beobachtete Hysterese (265); durch Vergrösserung des Feldbereichs von ± 240 auf ± 500 C.G.S. konnte noch eine geringe Erhöhung auf 275 herbeigeführt werden, dies rührt jedoch nicht von einer grösseren Remanenz, sondern nur von der Erhöhung der Coërcitivintensität von 72 auf 77 C.G.S. her.

Am Schlusse ihrer Abhandlung erörtern H. du Bois und E. Taylor Jones noch die wissenschaftlich-rationelle Construktion permanenter Magnete, eine Aufgabe, die seither immer in einer geheimnisvoll empirischen Weise behandelt wurde. Nachdem man das zu verwendende Material ausgewählt und sich über die Art des Härtens, Anlassens und künstlichen Alterns klar geworden ist, hat man sich zunächst über die Gestalt des Magnets zu entscheiden. Auf Grund einer graphischen Betrachtung, die lehrt, wie man allgemein mittels der Magnetisierungskurve und des Entmagnetisierungsfaktors den Höchstwert der remanenten Magnetisierung finden kann, wird insbesondere für Stäbe die Regel aufgestellt, dass starke Magnete nicht kürzer als der dreissigfache Durchmesser zu machen sind. (Vgl. C. Ribory Mann, Über Entmagnetisierungsfaktoren kreiscylindrischer Stäbe, Dissert. Berlin 1895.) Handelt es sich weniger um einen hohen Wert der Magnetisierung als um die zeitliche Constanz, d. h. um ihre absolute Permanenz, zwei Bedingungen, die sich bis zu einem gewissen Grade gegenseitig ausschliessen, so hat man die Coërcitivintensität möglichst gross, die entmagnetisierende Intensität möglichst gering zu wählen. Ersteres erreicht man durch geeignete Auswahl des Materials und Magnetisierung in einem intensiven Felde von mindestens 500 C. G. S., letzteres durch Magnetisierung bis zu einem Werte, der unter dem liegt, der bei der gegebenen entmagnetisierenden Intensität überhaupt möglich ist, oder anders ausgedrückt, dadurch, dass man einen Sicherheitsfaktor der Entmagnetisierung anwendet, der zwischen 3 und 6 liegt (vgl. Houston und Kenelly, *The Electrician XXXV 160, 1895*). Ein solcher stabiler Endzustand kann hergestellt werden: 1. auf elektrischem Wege, durch Anwendung eines schwachen entmagnetisierenden Stromes (Hookham, *Phil. Mag. (5) XXVII 187*; *Journ. Inst. Electr. Engin. XVIII 688*), 2. auf geometrischem Wege durch Magnetisierung bei grösserem Entmagnetisierungsfaktor, als dauernd beabsichtigt wird, und nachheriger Verringerung desselben, etwa durch Verengerung des Interferricums, oder Anlegung geeigneter Anker oder Polschuhe, 3. auf mechanischem Wege durch das bekannte Verfahren des künstlichen Alterns, bei dem die absichtlich schlechte Behandlung des Magnets einer unbegrenzten Verschiedenheit fähig ist. H. du Bois und E. Taylor Jones nehmen an, dass die verschiedenen mehr oder weniger geheimen Verfahren zur Herstellung permanenter Magnete auf einer dieser Methoden oder auf einer Combination derselben beruhen. *H.-M.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie. Herausgegeben von Richard Meyer. 5. Jahrgang 1895. Braunschweig, Vieweg u. Sohn 1896. 591 S., M. 15.

In regelmäfsiger Aufeinanderfolge erscheinen diese Jahrbücher in der vorzüglichen Ausstattung, auf die schon wiederholt in dieser Zeitschrift hingewiesen ist. Dieselben geben die Möglichkeit, sich mit den steten Fortschritten der Wissenschaft und Technik in Zusammenhang zu erhalten, was ja für den Lehrenden durchaus notwendig ist, wenn er beurteilen will, was neu für den Unterricht verwertet werden kann. Für wissenschaftliche Weiterarbeit hingegen kommen mehr die Originalarbeiten und die umfangreichen vollständigen Berichte (Fittica) desselben Verlages in Betracht. Die Abschnitte entsprechen den früheren: I. Physikalische Chemie von F. W. Küster; II. Anorganische Chemie von Carl Seubert; III. Organische Chemie von C. A. Bischoff; IV. Physiologische Chemie von Fr. Röhmann; V. Pharmaceutische Chemie von H. Beckurts; VI. Chemie der Nahrungs- und Genufsmittel von demselben; VII. Agrikulturchemie von H. Märcker u. W. Naumann; VIII. Metallurgie von E. F Dürre; IX. Brennstoffe und organisch-chemische Technik von C. Häufsermann; X. Explosivstoffe von demselben; XI. Technologie der Kohlehydrate und Gährungsgewerbe von M. Märcker und W. Naumann; XII. Technologie der Fette und Erdöle von J. Lewkowitsch; XIII. Theer- und Farbenchemie von Richard Meyer; XIV. Chemische Technologie der Spinnfasern von P. Friedländer; XV. Photographie von J. M. Eder und E. Valenta. Sach- und Autorenregister sind beigegeben. *Schw.*

Jahrbuch der Elektrochemie. Bericht über die Fortschritte des Jahres 1895. Im wissenschaftlichen Teile bearbeitet von Dr. W. Nernst; im technischen Teile bearbeitet von Dr. W. Borchers. Halle, W. Knapp 1896. M. 12.

Nachdem die Elektrochemie sich als besonderer Wissenszweig entwickelt und auch in der Technik eine selbständige Stellung eingenommen hat, lag das Bedürfnis vor, für das Spezialstudium eine übersichtliche Darstellung der wissenschaftlichen und technischen Produktion zu geben. Der erste Band ist bereits vor einiger Zeit erschienen; der zweite vorliegende Band hält den richtigen Standpunkt fest, sachlich zu referieren und die Kritik nur in dringendsten Fällen zu üben, dagegen auch solche Sachen aufzunehmen, die vielleicht unscheinbar, doch zu weiteren Resultaten führen können.

Der wissenschaftliche Teil wird auch wohl in anderen Jahresberichten ausreichend berücksichtigt, der zweite Teil dagegen zeigt, welche enormen Fortschritte in der technischen Verwendung der Elektrochemie gemacht sind. Manches davon kann und mufs auch in der Schule berührt werden, so die Elektrometallurgie, und nicht minder auch die Umwälzungen, welche durch die Elektrolyse in der Fabrikation des Chlors und der Chlorverbindungen herbeigeführt sind. Der Inhalt umfafst:

I. Wissenschaftlicher Teil (3—38): Allgemeines, elektrolytische Leitfähigkeit und Dissociation, Theorie der galvanischen Stromerzeugung und Polarisation, Electrokapillarität, elektrochemische Mefsapparate.

II. Spezielle und technische Elektrochemie: Erzeugung elektrischer Energie (Substanz der Elektroden, Elektrolyte etc.) 39—58. Accumulatoren 59—77. Elektromagnetische Aufbereitung 78—85. Elektrochemische Apparate und Methoden 86—117: Metalloide 117—133; Metalle 133—202. Anorganische Verbindungen 202—249. Organische Verbindungen 250—258. Analyse 259—262. Bleichen und Desinfizieren 262—268. Färberei und Gerberei 268—274. Hilfsapparate für elektrochemische Laboratorien 275—280. Litteratur 281—283. Register 284—300.

Auf die Patente ist ausreichende Rücksicht genommen. Zeichnungen sind den Beschreibungen vielfach beigegeben. *Schw.*

Anleitung zur mikrochemischen Analyse. Von H. Behrens, Professor an der Polytechnischen Schule in Delft. Mit einem Vorwort von Prof. S. Hoogewerff in Delft. Hamburg und Leipzig, Verlag von Leopold Voss. 1895. VII und 224 S. M. 6.

Die Anwendung des Mikroskopes in der qualitativen chemischen Analyse ist bekanntlich noch sehr jung und war überdies bis vor wenigen Jahren auf die Kreise der eigentlichen Mikroskopiker, der Petrographen, Botaniker u. s. w., beschränkt. Behrens ist es gelungen, indem er die bisherigen mikrochemischen Methoden zusammenfasste und eine grosse Zahl von neuen hinzufügte, ein in sich zusammenhängendes System aufzubauen, welches schon jetzt verdient, in die Laboratoriumspraxis aufgenommen zu werden, und welches für die Zukunft „in Zeitersparnis und in Anspruchslosigkeit, was Raum und Gerätschaften anbetrifft, mit der Lötrohranalyse wird rivalisieren können und die Lötrohr-

analyse in vielen Fällen übertreffen wird, wo es auf Vielseitigkeit und Empfindlichkeit der Reaktionen ankommt". — Obiges Buch, von welchem eine französische und eine englische Ausgabe schon früher erschienen sind, enthält dieses neue System und beweist, dass der Verfasser, dessen Forscherthätigkeit auf diesem Gebiete längst allgemein anerkannt ist, auch der Aufgabe, ein zur Einführung bestimmtes Lehrbuch zu schreiben, in vollstem Maasse gewachsen ist. Der Gang der durch Klarheit ausgezeichneten und durch zahlreiche gute Abbildungen unterstützten Darstellung ist folgender: Nach einem historischen Überblick und den notwendigen Vorbemerkungen über Apparate und Reagentien werden der Reihe nach die charakteristischen Reaktionen für die verschiedenen Elemente beschrieben. Der zweite Teil enthält die Anwendung dieser Reaktionen auf die Untersuchung der gemengten Substanzen, insbesondere der Erze, Gesteine und Legierungen. Die beschriebenen Verfahren haben übrigens vielfach ein ganz allgemeines chemisches Interesse. Es werden hier nämlich keineswegs in allen Fällen die sonst üblichen Reagentien angewandt; beispielsweise ist es nicht möglich, Schwefelsäure im Probetropfen unter dem Mikroskope durch Chlorbaryum nachzuweisen, wohl aber durch Chlorcalcium, da nur letzteres ein deutlich und charakteristisch krystallisierendes Sulfat liefert. Schliesslich sei noch hervorgehoben, dass sich der Verfasser von aller Überschätzung seiner neuen Methoden und von Übergriffen auf das Gebiet der gewöhnlichen qualitativen Analyse völlig fern hält, denselben aber andererseits in Bezug auf die Ausbildung der jungen Chemiker nach den am Polytechnikum zu Delft gemachten Erfahrungen eine hervorragende pädagogische Bedeutung zuschreibt. *J. Schiff.*

Physikalisch-chemische Wandtafeln. Bearbeitet von J. Beuriger. Neun Tafeln nebst Begleittext (15 S.). Leipzig und Neuwied, Hausers Verlag, 1895.

Die Tafeln sind unter Berücksichtigung der neuesten Litteratur, zum Teil im Anschlusse an die 2. Auflage des Werkes von Landolt und Börnstein, zusammengestellt. Sie enthalten 1. Atomgewichte, 2. und 3. specifische Gewichte, 4. Brechungsexponenten, 5. Wellenlängen und Schwingungszahlen des Lichtes, 6. Ausdehnungskoefficienten und Volumen des Wassers zwischen 0 und 100°, 7. Schmelz- und Siedetemperaturen, specifische Wärmen, 8. Spannkraft des Wasserdampfes, 9. Leitungsvermögen für Wärme und Elektrizität nebst Widerständen in Ohm. Die Tafeln sind, aufgezogen und im Lehrzimmer aufgehängt, sicher ein sehr willkommenes Hülfsmittel beim Unterricht. *P.*

Geschichte der Mathematik im Altertum und Mittelalter. Vorlesungen von H. G. Zeuthen, Prof. a. d. Universität Kopenhagen. VII und 344 S. Kopenhagen, A. F. Höst & Sohn, 1896.

Das Buch, auf das hier nur kurz hingewiesen werden kann, stellt sich dem wohlbekannten Buch von Hankel würdig zur Seite, obwohl es, auf neueren Untersuchungen fufsend, teilweise zu anderen Ergebnissen gelangt. Es bietet für die Geschichte der Mathematik ähnliches wie Machs „Mechanik in ihrer Entwicklung" für die Grundlagen der neueren Physik. Es stellt sich zur Aufgabe, die Art klarzulegen, wie die mathematischen Erkenntnisse entstanden sind und giebt dadurch besonders dem Lehrer der Mathematik die wertvollsten Aufschlüsse. Namentlich eingehend wird Euklid behandelt. Auch die physikalischen Leistungen des Archimedes werden in ihrem Zusammenhange mit seinen mathematischen Entdeckungen gewürdigt. *P.*

Schulphysik für die Gymnasien, nach Jahrgängen geordnet von Prof. Dr. G. Brandt. I. Teil. Obertertia: Mechanik und Wärmelehre. Untersekunda: Magnetismus, Elektrizität, Akustik und Optik. 2. Auflage. 90 S. — II. Teil. Obersekunda: Wärmelehre, Meteorologie und Galvanismus; Unterprima: Mechanik und Akustik; Oberprima: Optik und astronomische Geographie. 219 S. Berlin, Leonh. Simion, 1896.

Dies Lehrbuch bietet den Unterrichtsstoff für die Unterstufe in völligem Anschlufs an die Lehrpläne von 1892 dar. Es ist eine Auswahl zusammengestellt, in der auch die Dynamomaschine, das Telephon, die Fernrohre und das Mikroskop nicht fehlen. In dieser Hinsicht dürfen sich also die aus Untersekunda Abgehenden nicht beklagen. In den Lehrplänen von 1892 sind aber auch an die Methode besonders hohe Anforderungen gestellt. Was diesen Punkt betrifft, so scheinen die Bemühungen des letzten Jahrzehnts um den Ausbau der Methodik des physikalischen Unterrichts auf den Verfasser keinen Eindruck gemacht zu haben. Das Buch steht auf einem Standpunkt, der in früherer Zeit (und zum Teil leider noch heute) bei Schulbüchern für Mädchenschulen mafsgebend zu sein pflegte. Unzureichende Fassung der Definitionen, unklare Formulierung der Gesetze, mangelhafte Begründung, unausführbare Versuche, Vermischung von Thatsachen und Hypothesen, äufserlichste Abfindung mit den Schwierigkeiten des Gegenstandes, alles dies mufs dem Buch zum Vorwurf gemacht werden. Als Probe mögen folgende zwei (z. T. gesperrt gedruckte) Sätze dienen: „Die Trägheit ist die Eigenschaft der Körper, vermöge deren ein jeder in dem Zustande verharren will, in dem er sich gerade befindet" (S. 4). — „Die gerade Linie zwischen einem leuchtenden Punkt und einem beleuchteten heisst Lichtstrahl; aber jeder derselben besteht aus vielen Elementarstrahlen, da

ein einzelner keinen hinreichend starken Eindruck auf unser Auge macht" (S. 75). Wenn ein solches Buch, nach dem Vorwort zur 2. Auflage zu urteilen, Beifall findet, so beweist dies nur, wie gering selbst Fachlehrer noch von unserem Unterrichtsgegenstande denken.

Der II. Teil enthält die im Titel angegebenen Abschnitte. Dieser Teil hat gewisse Vorzüge, namentlich spricht sich darin ein Verständnis für die Anforderungen aus, denen ein „Lernbuch für Gymnasiasten" genügen mufs. Aber andererseits lassen sich auch hier ernste Bedenken nicht zurückhalten. In der Wärmelehre erscheint die ausgedehnte Verwendung des Looserschen Thermoskops, in der der Verfasser einen besonderen Vorteil erblickt, nicht als zweckmäfsig; im Unterricht mag das aus praktischen Gründen angenehm sein, das Lehrbuch aber sollte sich von der zu ausschliefslichen Beschränkung auf einen Demonstrationsapparat, der gerade in der Mode ist, freihalten. Schlimm steht es mit dem Galvanismus: hier wird noch immer, nach alter Tradition, mit den Kontaktversuchen begonnen, mit einer undefinierten elektrischen Differenz als Gröfse gerechnet und an willkürlichen Zahlenbeispielen unter Verwechslung von Potential und Elektrizitätsmenge die Entstehung des galvanischen Stromes erläutert. Dafs die Stromstärke mit der elektromotorischen Kraft wächst, soll an der Tangentenbussole dadurch demonstriert werden, dafs diese nach einander mit 1, dann mit 2 oder 3 gleichen Elementen verbunden wird. Das Potential hält der Verfasser für zu schwierig, aber auch abgesehen von diesem Begriff, wäre aus den Veröffentlichungen der letzten Jahre für den vorliegenden Zweck manches zu lernen gewesen. Auf weitere Einzelheiten dieses Gebietes einzugehen, ist hiernach überflüssig. In der Mechanik ist für den Nachweis der Fallgesetze, sowie für die Herleitung des Kräftemafses die Weinholdsche Fallmaschine benutzt, wobei es nicht ohne Einführung eines zunächst willkürlichen Wertes für die bewegliche Masse der Rolle abgeht, wenn man die Gesetze herausexperimentieren will. Wenn irgendwo, so wäre hier ein Zurückgehen auf den natürlichen Weg geboten, den Galilei eingeschlagen hat. Aber Galileis Verdienst wird nicht einmal in dem historischen Anhang richtig gewürdigt, wo es heifst, G. habe „aus den Versuchen am schiefen Turm zu Pisa das Gesetz über den freien Fall aufgestellt". Die astronomische Geographie enthält das Wissenswerteste; unzulässig aber ist es, dafs einige Darstellungen (Beweise für die Drehung der Erde, Kalenderwesen, Zeitgleichung) fast wörtlich aus den Elementen der Astronomie von Hermes bez. dem Grundrifs von Jochmann entnommen sind. Aufser dem historisch-biographischen Anhang ist dem Buche noch ein zweiter Anhang mit der Etymologie physikalischer Ausdrücke beigegeben, was als ein guter Gedanke zu bezeichnen ist. Vom physikalischen Standpunkte anfechtbar erscheint die Erklärung von Rheostat, was doch wohl eine Vorrichtung bedeutet, um die Stromstärke constant zu halten, oder auf einen festen Wert zu bringen. *P.*

Leitfaden für den Unterricht in der Chemie. Von Dr. K. List. 6. Aufl., bearbeitet von Dr. O. Hergt. Heidelberg, C. Winter, 1896. 183 S. M. 1,80.

Der Abriss — ein systematischer Lehrgang, dem eine Einleitung mit den wichtigsten Grundbegriffen und chemischen Gesetzen voraufgeht — ist vorzugsweise dazu bestimmt, „dem Schüler bei der Repetition das ins Gedächtnis zurückzurufen, was er in den Unterrichtsstunden teils gesehen, teils durch den mündlichen Vortrag mitgeteilt erhalten hat". Das Buch enthält dementsprechend keine Abbildungen. Die Bearbeitung, welche der Verfasser wegen eines Augenleidens nicht selbst vornehmen konnte, weist verschiedene Neuerungen auf. So sind die einzelnen Paragraphen nicht mehr wie im ersten Abschnitt der früheren Auflagen durch Beschreibung von Fundamentalversuchen eingeleitet, und es finden sich nur noch zerstreut Hindeutungen auf bestimmte Versuche. Ob dies dem Ganzen zum Vorteil gereicht, muss dahingestellt bleiben. Auch die Anordnung des gesamten Stoffes ist vielfach geändert, besonders ist die Einleitung umgearbeitet worden. Im übrigen erscheint der gebotene Stoff exakt durchgearbeitet, doch wäre wohl eine gewisse Berücksichtigung der Mineralien am Platze gewesen.

Der besonders verausgabte Anhang: „Die wichtigsten organischen Verbindungen" (72 S., M. 0,60) giebt in zwei Hauptabschnitten, „Die Fettkörper" und „Die aromatischen Stoffe", denen noch kurze Bemerkungen über „Eiweissstoffe" und „Albuminoide" folgen, eine übersichtliche Zusammenstellung der für die Schule wichtigsten Kohlenstoffverbindungen. *O. Ohmann.*

Kurze Anleitung zur chemischen Untersuchung von Rohstoffen und Produkten der landwirtschaftlichen Gewerbe und der Fettindustrie. Von W. Kalmann, Prof. und Fachvorstand an der k. k. Staatsgewerbeschule in Bielitz. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1896. X u. 183 S. M. 3,—.

Die Anleitung soll sowohl dem angehenden wie dem fertig gebildeten technischen Chemiker, letzterem freilich nicht für die in sein Spezialgebiet fallenden Untersuchungen, als Leitfaden zum Gebrauche im Laboratorium dienen. Nach Aufführung der wichtigsten Reagentien werden u. a. die Unter-

suchungen des Wassers, des Zuckers, des Bieres und Weines, des Spiritus und der Fette und Seifen ausführlich behandelt, teilweise unter Beschreibung besonders geeigneter Apparate. Da in dem Buch die wichtigsten Methoden der Untersuchung klar wiedergegeben und auch die Anwendung complizierter Apparate vermieden ist, können manche Abschnitte und Versuche auch für den chemischen Unterricht, insbesondere an Fachschulen, verwertet werden. *O. Ohmann.*

Lehrbuch der Physik und Chemie für höhere Mädchenschulen, Lehrerinnen-Seminarien und Fortbildungsanstalten bearbeitet von Prof. Dr. F. Bachmann, Dir. d. Kgl. Elisabeth-Schule zu Berlin und Dr. W. Breslich, Oberl. am Luisenstädt. Realgymnasium zu Berlin. 3., nach den neuen Bestimmungen umgearbeitete Auflage. Mit 159 Abbildungen im Texte. Berlin 1895. E. S. Mittler u. Sohn. V u. 158 S. M. 2,40, geb. M. 2,80.

Die zweite Auflage des Buches ist in d. Zeitschr. (*IV 267*) eingehender besprochen worden. Die neue Bearbeitung, welche den Bestimmungen über die Lehrziele der höheren Mädchenschulen vom 31. Mai 1894 angepasst wurde, zeigt überall wesentliche Verbesserungen, und es ist daher im Interesse des Unterrichts zu wünschen, dass sie die minderwertigen Lehrbücher, die an vielen höheren Mädchenschulen und Lehrerinnen-Seminarien eingeführt sind, bald gänzlich verdrängen möge. Bei einer Neuauflage könnte das stets falsch gezeichnete Bild der Münze auf dem Boden der Wasserschüssel (Fig. 116) an die richtige Stelle gesetzt und in den biographischen Notizen auch Heinrich Hertz erwähnt werden. *Hahn-Machenheimer.*

Programm-Abhandlungen.

Beitrag zur theoretischen Erklärung der Interferenzerscheinungen, welche Platten aus Zwillingskrystallen im convergenten polarisierten Lichte zeigen. Von Dr. Benno Hecht. St. R. G. zu Königsberg i. Pr. Pr. No. 19. 21 S. u. 1 Taf.

Der Verfasser stellt eine allgemeine Theorie zur Erklärung der genannten Interferenzerscheinungen auf, entwickelt sie möglichst weit und wendet sie auf einige besondere Fälle an. Dabei werden aufser den auch sonst üblichen beschränkenden Annahmen noch die folgenden beiden gemacht: Erstens wird vorausgesetzt, dafs sich die Richtung der Lichtwellen bei dem Übertritt aus einem Krystallindividuum in das benachbarte nicht ändert; zweitens wird angenommen, dafs an der Grenze zweier Individuen keine Schwächung des Lichtes durch Spiegelung eintritt. Die erste Voraussetzung ist zulässig, die andere jedoch nicht immer, da die Untersuchungen des Verfassers ergeben, dafs bei den Erscheinungen, welche idiocyklophane Krystalle zeigen, die Spiegelung an den Grenzflächen eine wesentliche Rolle spielt. Ferner ist angenommen, dafs für einen Zwilling aus mehreren Individuen alle Zwillingsebenen unter einander und Verwachsungsflächen unter einander parallel seien. Bei der eingehenden Untersuchung der Interferenzerscheinungen in Zwillingen, die aus 2 und 3 Individuen bestehen, wurde vorausgesetzt, dafs die beiden Grenzflächen parallel seien. *Hahn-Machenheimer.*

Der Gleichgewichtszustand einer Flüssigkeit in einer vertikalen capillaren conischen Röhre. Von A. Brömel. St. R. zu Pirna. 1896. Pr. No. 587. 22 S. u. 1 Taf.

Der Verfasser erhielt die Anregung zu der Arbeit in dem mathematischen Seminar des Professors von der Mühll zu Leipzig. Die Ergebnisse der theoretischen Untersuchung der Capillarerscheinungen in einer lotrechten cylindrischen Röhre lassen sich mit geringen Änderungen auf kegelförmige Röhren übertragen, die sich nach oben erweitern. Der Verfasser untersucht auch noch den Fall der nach oben sich verengernden kegelförmigen Röhren, bei dem eine neue Gestalt der Flüssigkeitsoberfläche auftritt, und giebt hierfür die zweite Annäherung. Das Problem der kegelförmigen Haarröhrchen ist bereits früher etwas allgemeiner, aber weniger eindringend von E. Mathieu in seiner *Théorie de la capillarité, Paris 1883, S. 52—58,* behandelt worden. *Hahn-Machenheimer.*

Versammlungen und Vereine.

68. Naturforscherversammlung zu Frankfurt a. M. am 21.—24. September 1896.

Die Abteilung für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht war wie gewöhnlich nur schwach besucht. Man hat daher in Aussicht genommen, die Sektion nach Ablauf der jetzigen Organisationsperiode (bis 1898) wieder aufzuheben, um die Hauptkraft auf den Schulmathematikertag (zuletzt in Elberfeld) zu conzentrieren. Einführender war diesmal Direktor Dr. Bode, Schriftführer Oberlehrer Dr. C. H. Müller.

In der 1. Sitzung am 21. September überreichte der Vorsitzende der Versammlung als Geschenke des physikalischen Vereins bezw. der betr. Verfasser folgende Schriften: 1. Zur Erinnerung an Samuel Th. v. Sömmering und Philipp Reis (Neudrucke der Originalabhandlungen). 2. Beschreibung des physikalischen Vereins. (Dieser eröffnet von Ostern 1896 ab staatl. unterstützte Ferienkurse für Oberlehrer; die früheren Kurse waren aus den Mitteln des Instituts selbst bestritten worden). 3. Ziegler und König, Klima von Frankfurt a. M. Geschenk des phys. Vereins. 4. Blum, Erfahrungen mit der Formol-Conservierung. 5. Stelz und Grede, Der Schulgarten. Progr.-Abhandlung (Unterlage des folg. Vortrags). 6. Schubert, Probedruck einer 5stelligen Logarithmentafel.

Professor Stelz (Bockenheimer R.-S. zu Frankfurt a. M.) sprach sodann über das Thema: Der Schulgarten und seine Verwendung im Unterricht. Er schilderte die bisherigen Versuche zur Begründung eines Schulgartens und beschrieb eingehend den Bockenheimer Garten, der sich dadurch auszeichnet, dass die Pflanzen nicht systematisch, sondern in natürlichen Gruppen und Lebensgemeinschaften (Teich, Sumpf und Moor, Felsengelände, schattige Waldgebiete u. s. w.) angebaut sind. Die erste Anlage kostete rund 3000 Mark, die Unterhaltung 200 Mark pro Jahr. Die meisten Schulstunden sollen im Schulgarten bezw. in einer offenen Gartenhütte abgehalten werden. Die Diskussion zeigte, dass die gemachten Vorschläge sympathisch begrüsst werden, ihre Ausführbarkeit nur als teilweise möglich angesehen wird.

Prof. Dr. Simon (Strassburg i. E.) sprach über Die Geschichte und Metaphysik der Differentialrechnung. Redner hob die Verdienste der Alten in der Verwendung unendlich kleiner Grössen hervor und betonte die Musterprobleme der Infinitesimalrechnung: Das Tangentenproblem, das dynamische Problem (Geschwindigkeit und Beschleunigung), Quadratur und Kubatur, wozu noch die Rektifikation tritt. Fermat besass schon einen ziemlich ausgebildeten Algorithmus der Differentialrechnung. Newton und Leibniz dagegen fassten die Hauptprobleme zusammen und gaben gewissermaassen die Grammatik einer Sprache, die schon eine reiche Litteratur hatte. Über den bekannten Prioritätsstreit sprach der Vortragende sich dahin aus, dass Leibniz die Symbolik des neuen Algorithmus aufstellte, was das Wichtigste war, während Newton wahrscheinlich früher als L. im Besitze der neuen Rechnung war. Die verschiedenen schiefen Auffassungen über das Wesen des Differenzials wurden besprochen und die metaphysische Entwickelung dieses schwierigen Begriffs bis auf die Neuzeit verfolgt.

Sodann sprach Prof. Dr. Schwalbe (Berlin) über: Technische Exkursionen an Schulen. Er empfahl den Besuch von technischen Instituten, auch an fernen Orten, und beklagte den Mangel eines Lehrbuchs, das die physikalische Technik in richtiger und moderner Weise zur Anschauung bringe, während über die chemische Technologie treffliche Handbücher (Wagner u. a.) vorhanden seien. Erwähnt wurden sodann die Berliner technischen Anstalten, welche mit den Schülern besucht wurden. Auch grössere Reisen (z. B. nach Dortmund) hat Schw. mit seinen Schülern zu sehr billigen Preisen gemacht und sehr instruktiv gefunden. Die Fortbildungskurse für Oberlehrer müssten notwendig auch diese Art des Unterrichts ins Auge fassen. — In der Debatte wurde erwähnt, dass gerade letzteres bei den Frankfurter Ferienkursen reichlich geschehen sei und dass auch an den dortigen realistischen Anstalten Exkursionen unternommen würden. Im übrigen wird den Vorschlägen des Redners zugestimmt.

Derselbe trug dann vor über Freihand-Experimente (Home-Experiments). Solche Versuche, die in England und Frankreich grosse Ausdehnung gewonnen haben, hat Redner durchprobiert und in Vorträgen für Volksschullehrer, Rektoren u. s. w. in Anwendung gebracht. Mehrere Bücher mit Zusammenstellungen solcher Experimente werden vorgelegt. Die Versuche eignen sich namentlich für praktische Übungen an Oberschulen, bei denen mit geringen Mitteln und an einfachen Apparaten (z. B. denen von Meiser-Mertig in Dresden) gearbeitet werden soll. — In der Besprechung des Vortrages werden anderweitige günstige Erfahrungen mit den Meiser-Mertigschen Apparaten und mit einfachen Feldmess-Apparaten (Ohmann-Berlin, Winkelprisma und -Spiegel, Bussole) erwähnt.

In der 2. (und letzten) Sitzung der Sektion, gemeinschaftlich mit Abt. 1 (Mathematik und Astronomie) und Abt. 2 (Physik) hielt Dir. Dr. Schwalbe vor einer zahlreichen Versammlung von über 100 Personen, darunter hervorragende Vertreter der Mathematik und Naturwissenschaft, den angekündigten Vortrag: Über die Vorbildung der Lehrer in Mathematik und Naturwissenschaft an höheren Unterrichtsanstalten gegenüber den Forderungen der heutigen Zeit. Redner erstattet zunächst Bericht über die Beschlüsse, welche der Schulmathematiker-Tag zu Elberfeld (Pfingsten d. J.) gefasst hat. Damals hatte der Gewerbeschuldirektor Holzmüller die Forderung vertreten, dass die Ausbildung der Oberlehrer in den exakten Fächern mehr nach der technischen Seite hingelenkt werden solle, und demgemäfs den zeitweiligen Besuch einer technischen Hochschule als wünschenswert bezeichnet. Bei der Staatsprüfung sei auch in der darstellen-

den Geometrie und in technischer Mechanik zu prüfen. Schwalbe erklärte sich gegen die Forderungen Holzmüllers, da er befürchtet, dass dann das höhere Schulwesen zu sehr in Fachschulwesen zerfalle. Auch die Elberfelder Versammlung habe beschlossen, dass das Studium für den Oberlehrer der exakten Fächer der Universität vorbehalten bleibe. Redner stellte einige Thesen auf, die nach dieser Richtung zielen. — An der sehr angeregten Diskussion beteiligten sich u. a. die Hochschul-Professoren: Felix Klein, Brill, Dyk, Wiener, Wiedemann, Weber, Oberbeck, v. Oettingen, Archenhold, Lorenz, Heffter. Man unterwarf die Thesen Schwalbes der Reihe nach einer orientierenden Besprechung. Es stellte sich heraus, dass, wie z. B. Klein zugab, die heutigen Universitäten nicht immer hinreichend den Fortschritten der Technik Rechnung tragen, Vorträge in darstellender Geometrie und technischer Mechanik müssten daher überall eingerichtet werden. Die Mehrzahl der Redner erklärte sich zwar dafür, dass das Studium für den Oberlehrerberuf im wesentlichen der Universität vorbehalten bleibe, dass es aber vorläufig erwünscht sei, wenn 2—4 Semester auf einer technischen Hochschule verbracht würden, die dann auch voll angerechnet werden müssten. — Die Universitäten sollen mehr auf darstellende Geometrie und technische Mechanik Rücksicht nehmen. — In den Schulaufgaben aus Mathematik und Physik solle das technische Element mehr hervortreten. Es wird erwähnt, dass auch an preussischen Gymnasien Projektionslehre und einfache Übungen in praktischer Geometrie betrieben werden. — Die allgemeinen Oberschulen (Gymnasien, Realgymnasien, Realschulen) sollen nicht in Fachschulen aufgelöst werden. — Direktor Schwalbe verteidigte den verschiedenen Rednern der technischen und Universal-Hochschulen gegenüber wiederholt und energisch seine Thesen und erreichte es, dass der wesentliche Teil derselben angenommen wurde.

Nach dieser 2. Sitzung verteilten sich die Mitglieder der pädagogischen Sektion unter den verschiedenen mathematischen und naturwissenschaftlichen Sektionen. Erwähnenswert sind noch die Besuche des Palmengartens und Zoologischen Gartens unter fachmännischer Leitung, sowie der Besuch der Platinschmelze von Heräus in Hanau. Den Abschluss der Versammlung machten Ausflüge nach den wissenschaftlichen Instituten der benachbarten Städte. Für die Fachkollegen besonders interessant waren die Institute der Universität Marburg, der technischen Hochschule zu Darmstadt und das Serum-Institut zu Höchst. — Die nächste Versammlung findet in Braunschweig statt.

Die 1. Sitzung der Abteilung für Physik wurde von Prof. W. König am 21. September mit einer Begrüfsung eröffnet. Schriftführer waren Prof. Rosenberger (Frankfurt) und Oberlehrer Bopp (Frankfurt). Das Wort nahm zunächst G. R. Quincke (Heidelberg) über Rotationen im konstanten elektrischen Felde. Zwischen zwei Kondensator-Platten, die in Flüssigkeit eingetaucht sind und auf gleicher Potentialdifferenz erhalten werden, hängen Kugeln aus Aragonit oder Kalkspat an dünnen Fäden. Giebt man den Kugeln einen Anstofs, so verharren sie stundenlang in drehender und schwingender Bewegung. Die Erscheinung hängt damit zusammen, dafs auf der Oberfläche der Kugeln eine sehr dünne Lufthaut kleben bleibt, selbst wenn sie eingetaucht sind. Quincke hat auch die Veränderung von Luftblasen in demselben elektrischen Felde studiert.

Dr. J. Tuma (Wien) sprach über einen Ersatz für den Rühmkorffschen Apparat. Das Wesentlichste des neuen Apparates ist die eigentümliche Verwendung des Wagnerschen Hammers. Dieser ist nämlich in einen derart luftverdünnten Raum eingeschlossen, dafs die Entladungen nur noch beim Contakte am Platin, nicht aber durch die dünne Luft erfolgen können. Der Magnet des Hammers befindet sich aufserhalb des Raumes. Hierdurch wird erreicht, dafs bei Strömen von 80—100 V. Spannung das Zustandekommen eines Flammenbogens an der Unterbrechungsstelle verhindert wird.

Die zweite Sitzung eröffnete Professor Nernst (Göttingen) mit einem Vortrage: Über Berührungs-Elektrizität. Im Anschlufs an ein von ihm im Auftrage der phys. Abteilung geliefertes und publiziertes Referat beschrieb N. die bekannteren Methoden von Volta, Edlund und Helmholtz, um die Potentiale bei der Berührung homogener, aber sonst verschiedener Substanzen zu messen. Er kam zu dem Schlusse, dafs die Anwendung der osmotischen Theorie auf die Kapillarerscheinungen des polarisierten Quecksilbers eine durchgehende Bestätigung gefunden habe, indem sich die elektromotorische Kraft der verschiedensten galvanischen Kombinationen in guter Übereinstimmung mit dem experimentellen Befunde hat berechnen lassen.

Professor Rubens (Berlin) berichtete hierauf: Über Wärmestrahlen von grofser Wellenlänge. Die Wärmestrahlen, die von einem erhitzten Platinbleche ausgehen, werden durch ein Flufsspatprisma parallel gemacht und dann mehrmals von Flufsspat reflektiert. Die Wellenlänge wurde durch ein Beugungsgitter auf 24,4 μ bestimmt. Bei Quarz ergab sich 8,8 μ. Der Vortragende beabsichtigt, stehende Wärmewellen zu erzeugen und Versuche anzustellen, die den Hertzschen analog sind.

Professor Drude (Leipzig) demonstrierte dann: Elektrische Brechungsquotienten von Flüssigkeiten. Vermittels eines Parallel-Drahtsystems und einer Zehnderschen Röhre lassen sich elektrischen Wellen im verdunkelten Zimmer weithin sichtbar markieren. Gehen nun die parallelen Drähte nicht mehr durch Luft, sondern durch ein Medium von anderer Dielektrizitäts-Constante, z. B. durch eine Flüssigkeit, so tritt eine Änderung der Wellenlänge ein, die gewisse Gesetzmäfsigkeiten zeigt.

Zum Schlufs sprach Professor Bachmetjew (Sofia): Über die elektrischen Abkühlungsströme und ihre Beziehungen zu den Erdströmen. Erkaltende Metallmassen zeigen elektrische Ströme, deren Stärke desto gröfser, je gröfser die Volumänderung des Metalles im Momente des Erstarrens ist. Die Erde, als erstarrender Körper, zeigt analoge Erscheinungen, die allerdings noch mit allerlei Componenten verquickt sind.

In der 3. mit der Chemischen Sektion gemeinschaftlichen Sitzung wurde Prof. van't Hoff durch Prof. v. Öttingen als Begründer der physikalischen Chemie begrüfst. Darauf sprach van't Hoff: Über den Vorgang der langsamen Oxydation. Er behandelte die Frage, wie Sauerstoff bei gewöhnlicher Temperatur seine oxydierenden Wirkungen ausübe. Hierzu ist das Studium der sogenannten Aktivierung des Sauerstoffs O_2 und seine Spaltung in Atome von Wichtigkeit. Nach van't Hoff tritt die Spaltung des Sauerstoff-Moleküls erst durch die Oxydation auf, sie ist also nicht bereits vorher vorhanden.

Hierauf sprach Professor V. Meyer (Heidelberg): Über die langsame Oxydation von Wasserstoff und Kohlenoxyd, und Dr. Traube (Berlin) entwickelte einige neue Gesichtspunkte in betreff eines neuen Systems der Elemente im Anschlusse an die Arbeiten von L. Meyer und Mendelejeff. Mit Beziehung hierauf legte Dr. Wiechert (Königsberg) eine nach Atomgewichten geordnete Tabelle des periodischen Systems vor.

Dr. Coehn (Göttingen) trug vor: Zur Elektrochemie des Kohlenstoffs. Aus Lösungen von Kohle in Schwefelsäure hat er durch den elektrischen Strom analog der Metall-Auflösung Niederschläge an der Kathode erhalten (vgl. ds. Heft S. 36). Hierbei entstehen deutlich Ionen d. h. Teilchen, die die Elektrizität transportieren. — Dann sprach Dr. Ullmann (Frankfurt) Über die Ausscheidungsform des Kupfers bei der Elektrolyse. Es ist ihm gelungen, ein Gesetz aufzufinden, welches die Bedingungen enthält, unter denen das Kupfer als blankes Metall oder als schwarze Pulvermasse niedergeschlagen wird. — Dr. Ehrlich (Frankfurt) führte darauf die elektrischen Koch- und Heizapparate der Frankfurter Firma „Prometheus" vor. Hierbei dient als heizender Widerstand Glanzmetall in verschiedener Legierung (Gold und Platin). Die Schichten können bis auf eine Dünne von $1/_{20000}$ mm gebracht werden.

Hieran schlofs sich ein Vortrag des Dr. Schaum (Marburg): Über physikalische Isomerie. Redner giebt eine Übersicht über den Begriff der Polymorphie, Allotropie und Isomerie. Die physikalische Isomerie findet ihre geeignetste Erklärung als Metamerie, d. h. durch verschiedenartige Anordnung physikalisch gleicher Moleküle im Raum. Gegen die Annahme einer physikalischen Polymerie spricht in erster Linie die Identität der Schmelzflüsse und Lösungen. — Dr. Bodländer (Klausthal) dagegen bestreitet in seinem Vortrage: „Über feste Lösungen", dafs sich die Gesetze der flüssigen Lösungen auf feste, homogene Gemische übertragen lassen.

Die 4. Sitzung war gemeinsam mit der Abteilung für Instrumentenkunde. Unter der Leitung von Prof. Viktor v. Lang (Wien) fand zunächst eine Besichtigung der reichen Ausstellung von Galvanometern älterer und neuerer Konstruktion statt. Dr. Theodor Bruger (Frankfurt) demonstrierte sodann ein empfindliches, von äufseren magnetischen Einflüssen freies Galvanometer, das von der Firma Hartmann und Braun geliefert wird. Bei festem Magnetsystem ist eine 2 g schwere Spule beweglich an Kokon- oder Quarzfaden aufgehängt. Die Zuleitung des Stromes geschieht durch feine Blattsilberstreifen, die an anderen festen vorbeistreifen.

Prof. Nernst (Göttingen) zeigte sodann ein Quadranten-Elektrometer neuer Konstruktion. Die Nadel ist durch eine kleine Zamboni-Säule ersetzt, sodafs ein Laden von aufsen überflüssig wird. Zum Aufbau der Säule wird Zinnfolie mit aufgetragenem Bleisuperoxyd benutzt. Eine Polarisation der Säule tritt für gewöhnlich nicht ein, weil das Bleisuperoxyd depolarisierend wirkt.

Nachdem dann Prof. Oberbeck (Tübingen) über den Einflufs der Temperatur auf die Entladung der Elektrizität aus einem gegebenen Konduktor gesprochen, trug Prof. Braun (Strafsburg) vor: Über die Natur des Flüssigkeitszustandes. Er untersucht die Frage, ob die Teilchen eines gelösten Stoffes bei der Anlagerung an einen Krystall erst im Momente der Anlagerung sich orientieren oder ob dies schon vorher in einiger Entfernung geschieht.

Nach dem Vortrage des Prof. Pernet (Zürich) über die spezifische Wärme des Wassers und das mechanische Wärmeäquivalent folgte Prof. v. Öttingen (Leipzig) über Geschwin-

digkeits- und Beschleunigungsmafse. Da bisher kein besonderes Mafs für Geschwindigkeit vorhanden, so schlägt Redner als Einheit vor 1 Cel (Celeritas) = 1 cm pro Sekunde. Ferner soll die Einheit der Beschleunigung (zur Erinnerung an Galilei) sein 1 Gal = 1 Cel pro Sekunde.

Prof. F. Neesen (Berlin) sprach über Blitzableiter. Er machte darauf aufmerksam, dafs selbst schlecht leitende Blitzableiter die Blitzgefahr für ein Haus nicht wesentlich vermehren. Er giebt weiter an, dafs kostspielige Spitzen an den Fangstangen überflüssig seien, da dieselben einen genügend raschen Ausgleich der Potential-Differenz herbeizuführen nicht imstande sind.

Nach der Sitzung fand in dem wissenschaftlichen Ausstellungsgebäude ein gemeinsamer Rundgang statt. Hierbei erörterte Prof. Schering (Darmstadt) die Konstruktion eines magnetischen Systems für ein Ausschlaggalvanometer mit maximaler Empfindlichkeit und Herr Nicolai (Wiesbaden) demonstrierte das Löten des Aluminiums.

In der 5. Sitzung am 24. September vormittags sprach Prof. Wiedemann (Erlangen) über Spektralerscheinungen. Er projizierte Spektra des Cadmiums und Zinks, welche im Ultraviolett einige neue Bandenspektra zeigten. Prof. Rosenberger (Frankfurt) gab sodann eine historische Darlegung über die erste Entwicklung der Elektrisier-Maschine.

Die nächsten Vorträge hatten zum Gegenstand die Kathoden- bez. Röntgen-Strahlen. Zunächst sprach Prof. Ebert (Kiel) über die elektromagnetische Rotationsdispersion der Kathodenstrahlen. Dann äufserte sich Prof. Lenard (Aachen) über die Natur der Röntgenstrahlen dahin, dafs er sie auch als Kathodenstrahlen mit der magnetischen Ablenkung Null auffafst. Prof. Neesen (Berlin) machte Mitteilungen über verschiedenartige Versuche an Röntgen-Röhren. Prof. Des Coudres fafste seine Elektrodynamischen Untersuchungen über Kathodenstrahlen dahin zusammen, dafs die Art der Kathodenstrahlen, charakterisiert durch ihre magnetische Ablenkbarkeit und ihre Absorbierbarkeit, bei demselben Gasdrucke und gegebenem Tempo des erregenden Wechselstroms eine Funktion von dessen Amplitude sei.

In der 6. Sitzung am 24. September nachmittags sprach Prof. Hagenbach (Basel) über Ventilwirkung bei Entladung hoher elektrischer Spannungen im luftverdünnten Raum. Aus seinen Versuchen ergiebt sich, dafs bei fortschreitender Verdünnung der Luft der Widerstand des Mediums je nach der Stromrichtung verschieden ist. Während bei einer Luftverdünnung bis 0,2 mm der von einer Spitze zu einer flächenförmigen Kathode übergehende Strom stärker war als für die umgekehrte Richtung, so trat bei einer Verdünnung von weniger als 0,13 mm die umgekehrte Erscheinung ein.

Dr. Rosenthal (Ingenieur in Erlangen) machte ausführliche Angaben über die verschiedenen Arten der Erzeugung von Röntgenstrahlen und über ihre verschiedenartige Verwendbarkeit. Er giebt für kleine Induktorien der Verwendung des Tesla-Transformators (nach König) den Vorzug. — Darauf erläuterte Dr. O. Wiedeburg (Leipzig) seinen Interferential-Refraktor für elektrische Wellen und Dr. Schütz (Göttingen) knüpfte einige weitere Erörterungen zur Theorie der Röntgenstrahlen an. — Prof. Neesen (Berlin) demonstrierte sodann zwei selbstthätige Quecksilber-Luftpumpen. Eine davon ist durch eine besondere Vorrichtung dazu geeignet, die Blutgase zu bestimmen. Auch Tuma (Wien) beschrieb eine von ihm konstruierte Quecksilberluftpumpe. — Dr. W. A. Nippoldt (Frankfurt) zeigte ein von ihm verbessertes Ventilations-Psychrometer sowie die Verbesserung seiner Telephonmefsbrücke vor, welche seit 10 Jahren zur Prüfung von Blitzableitern gedient hat.

Schliefslich gab Prof. Pernet (Zürich) eine interessante neue Form eines Längenkomparators an und Dr. Archenhold (Berlin, Sternwarte) zeigte mit der Projektionslampe einige Aufnahmen aus dem Gebiete der Astrophysik.

Die Sitzungen der Abteilung für Chemie eröffnete Dr. Petersen (Frankfurt a. M.) mit einer kurzen Begrüfsung. Derselbe wurde auch zunächst zum Vorsitzenden erwählt. Auf Antrag des Prof. Fischer (Berlin) ehrte die Versammlung das Andenken A. Kekulés durch Erheben von den Sitzen. Prof. Fischer (Berlin) sprach sodann über Konstitution und Synthese des Koffeïns (vergl. d. Zeitschr. *VIII 320*). Prof. Roser (Höchst) hielt sodann einen Vortrag zur Konstitution des Kotarnins. Redner sprach die Ansicht aus, dafs wohl auch das Antipyrin eine ähnliche Ammoniumverbindung sei wie das Bromtarkonin. Es folgte Prof. Buchner (Tübingen) mit einem Vortrage über Pseudo-Phenylessigester. Die Analogie dieses Stoffes mit den Terpenen ist eine so grofse, dafs man vielleicht in ihm das erste Carbonsäurederivat der Terpenreihe erblicken darf. Prof. Hantzsch (Würzburg) sprach über die Isomerie der Diazoverbindungen.

Im Verlaufe der an den Vortrag geknüpften Diskussion erwähnte Prof. Dr. V. Meyer, dafs eine ähnliche Umlagerung, wie die vom Vortragenden erwähnte der Diazonium-Rhodamide, bei der Bromnaphtalinsulfosäure stattfindet unter Einwirkung von PCl_5.

In der 2. Sitzung, in der Prof. v. Baeyer (München) den Vorsitz übernahm, sprach Prof. Wislicenus (Leipzig) über die Stereo-Isomeren der Strukturformel $CH_3.CBr=CH.CH_3$. Durch die Controlversuche sind Widersprüche in den theoretischen Folgerungen beseitigt, und die aus den für die beiden Isomeren aufgestellten stereochemischen Formeln abgeleiteten Ansichten stehen in voller Übereinstimmung mit den Thatsachen. Prof. Anschütz (Bonn) berichtete: 1. Über die Constitution der Tartrazine. 2. Über Gesetzmäfsigkeit bei der Bildung der Phenolcarbonsäurechloride. In der hieran geknüpften Besprechung erklärte v. Baeyer (München) es für wünschenswert, dafs die Genfer Nomenklatur bei complizierten Benennungen nur in der Überschrift Verwendung finden möge, dafs für den Text jedoch einfachere, passende Bezeichnungen zu wählen seien. Prof. Nölting (München) behandelte: Die Farbstoffe der Dinaphtylphenylmethan- und Trinaphtylmethanreihe, und Prof. v. Kostanecki (Bern) gab eine Übersicht über die Gruppen der gelben Pflanzenfarbstoffe. Prof. Curtius (Kiel) besprach sodann: Allgemein anwendbare Synthesen durch Umlagerung von Säureaziden. In der sehr lebhaften Diskussion weist E. Fischer auf die Unzulänglichkeit der heutigen Strukturformeln hin.

Ein Vortrag von Dr. Clemm (Kiel): Über Hydrazide und Azide der Glutar- und Korksäure und über das Diaminohexan schliefst sich eng an die Ausführungen des Prof. Curtius an.

Prof. Ladenburg (Breslau) spricht sodann: Über asymmetrischen Stickstoff. Redner kommt zum Schlusse, dafs ein selbständiges asymmetrisches Stickstoffatom nicht anzunehmen sei, dafs aber ein Stickstoffatom unter Umständen im stande sei, das Drehungsvermögen einer optisch aktiven Kohlenstoff-Verbindung zu modifizieren.

Geh.-Rat Holtz (Berlin) berichtet: über den Stand des Baues des Hofmann-Hauses und fordert auf, gleichzeitig mit der Ehrung Hofmanns eine solche Kekulés zu verbinden.

In der 3. Sitzung führte Prof. Wislicenus (Leipzig) den Vorsitz. Zunächst sprach Prof. E. v. Meyer (Dresden) 1. Zur Kenntnis der condensierenden Wirkung des Natriums und 2. Über die Wechselwirkung von schwefliger Säure und Hydroxylaminderivaten. Prof. Nietzki (Basel) trug vor: Über chinoide Äther der Phenolphtaleïne.

Hierauf zeigte Dr. Pfungst (Frankfurt) der Versammlung einen Laboratoriumsapparat zum Ersatz gläserner Einschmelzrohre. Der Apparat ist zum Evacuieren, Destillieren, Erhitzen in beliebiger Gasatmosphäre und für Vacuum eingerichtet; bei 570 At. ist er noch dicht.

Dr. Freund (Dozent d. phys. Vereins, Frankfurt a. M.) trug vor über: Untersuchungen des Thebaïns. Die Alkaloide des Opiums sind nach verschiedenen Richtungen hin untersucht. Der Vortragende hat sich der Gruppe der Morphiumalkaloide, dem Morphin, Codeïn und besonders dem Thebaïn zugewandt.

Aus der vierten und fünften Sitzung (Vorsitzender Ladenburg (Breslau) und Fischer (Berlin)) sei hervorgehoben der Vortrag des Geh. Hofrats Caro (Mannheim): Über die Oxydation des Anilins. Während Technik und Wissenschaft schon weit in das Gebiet der Farbstoffe eingedrungen sind, ist der Eingang zu denselben, „die Oxydation des Anilins", noch dunkel geblieben. Vortragender beabsichtigt noch weiter diese Frage zu studieren.

Prof. Dr. Werner (Zürich) teilte Resultate mit über: Molekulargewichtsbestimmungen anorganischer Salze in Lösungen organischer Körper. Die Methoden, welche so erfolgreiche Resultate bei der Bestimmung der Molekulargewichte organischer Körper zu Tage förderten, waren bei anorganischen Körpern wegen der Dissoziation in dem gebräuchlichen Lösungsmittel, dem Wasser, bisher wenig versucht worden. Eine Anzahl Lösungsmittel, die keine Dissoziation herbeiführen, wurden erwähnt und empfohlen [1]. *C. H. Müller, Frankfurt a. M.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Hochspannungsapparat zur Demonstration der Teslaschen Versuche.

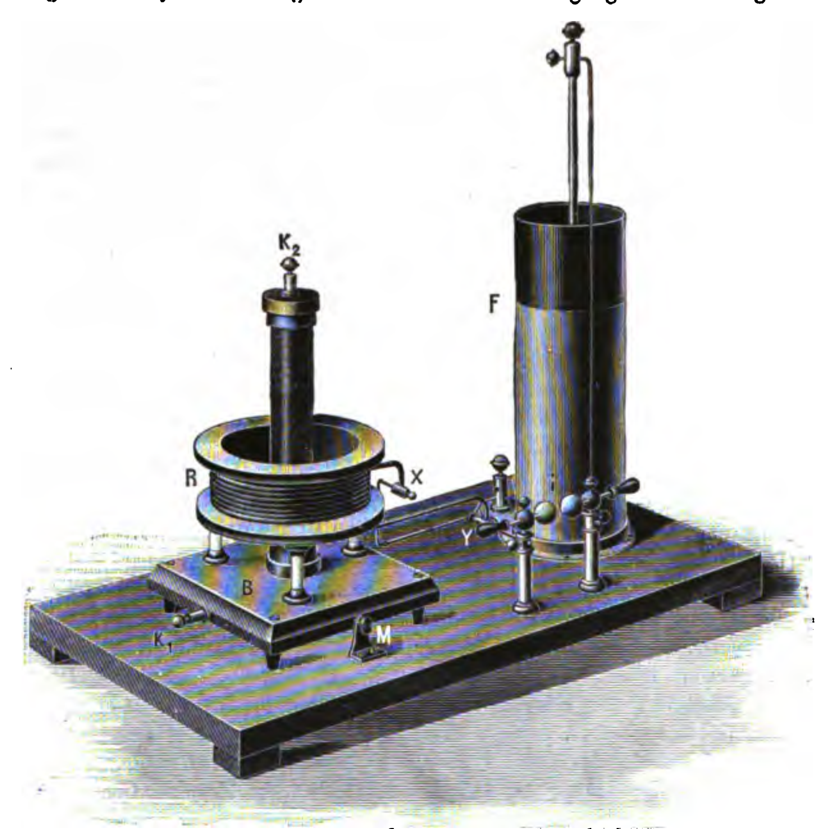
Von Ferdinand Ernecke in Berlin, S. W. Königgrätzer Str. 112.

Der nachstehend beschriebene Hochspannungsapparat ermöglicht es, schon bei Anwendung eines Induktors von nur 10 cm Funkenlänge die interessanten Erscheinungen, welche Wechselströme von hoher Wechselzahl darbieten, zu demonstrieren. Der bei diesem Apparat benutzte Hochspannungstransformator nach Elster und Geitel bietet den Vorteil, dafs er ohne die sehr lästige, bei den übrigen Teslaspulen notwendige Ölisolation sicher funktioniert. Alle seine Teile liegen frei an der

[1]) Unter teilweiser Benutzung der *Chemikerzeitung*, herausgeg. von Krause in Cöthen.

Luft und sind deshalb in jedem Augenblicke zu übersehen. Auch gestattet die Anordnung, sekundäre Spulen von verschiedener Bewickelung durch einen Griff auszuwechseln.

Auf dem massiven Grundbrett des Hochspannungsapparates befindet sich eine Leydnerflasche F, zu deren innerer und äufserer Belegung die Drähte von den Polklemmen eines Induktoriums führen. Die Entladungen der Leydnerflasche gehen von der inneren Belegung durch die regulierbare Funken-



c. 1/8 nat. Gr.

strecke i, durch die primären Windungen R des abnehmbaren Hochspannungstransformators und dann zur äufseren Belegung der Leydnerflasche. Die primäre Rolle R besteht aus wenigen Windungen sorgfältig durch Kautschuk isolierten dicken Kupferdrahtes, der auf einer flachen Holzspule aufgewickelt ist. Die herausstehenden Enden dieser Spule stehen einerseits bei X mit der äufseren Flaschenbelegung, anderseits bei Y mit der Funkenstrecke i in lösbarer metallischer Verbindung. In der Mitte des Brettchens B, das durch Glassäulen die Rolle R trägt, befindet sich eine conische Metallhülse, die mit der Drahtklemme K_1 in Verbindung steht. In diese Metallhülse läfst sich entweder die sekundäre Spule A (mit sehr vielen Windungen feinen Drahtes) oder die sekundäre Spule B mit weniger Windungen etwas gröberen Drahtes) stecken. Das obere Ende einer jeden Spule bildet die Drahtklemme K_2. K_1 und K_2 stellen somit die Pole der sekundären Transformatorspule dar. Die Funkenstrecke i wird nach Himstedt, um ein gleichmäfsiges Übergehen der Erregerfunken zu erzielen, durch 2 Zinkkugeln gebildet. Mit diesem Hochspannungsapparat läfst sich nun die Reihe schöner Versuche zeigen, die von Elster und Geitel angegeben sind (vgl. d. Zeitschr. *IX 139*).

Der Preis des Apparates in eleganter Ausführung mit Transformator, grofser Leydnerflasche und Erregerfunkenstrecke beträgt M. 140. Als Nebenapparate werden geliefert: 1 dicker Kupferbügel auf poliertem Holzstativ mit parallel geschalteter Glühlampe von 8 Volt zur Demonstration der Erscheinung der Impedanz (M. 10,50); 2 Drahtringe aus kautschukisolierter Kupferader mit eingeschalteten Glühlampen von 10 resp. 12 Volt (M. 9,50); 2 Gestelle mit Glasisolation zum Einstecken von 2 Drahtnetzen, 2 Drähten, 2 Drahtkreisen für Büschelentladungen etc. (M. 34); 1 kleine Leydnerflasche mit abnehmbarer Spitze für Elektrisierung der Luft (M. 4); 1 cylindrische Röhre evakuiert ohne Elektroden, ca. 25 cm lang (M. 2,25); 1 ebensolche, ca. 70 cm lang (M. 4,75); 1 kugelförmige (M. 3,50).

Herings Hohlscheiben als Ersatz der Magdeburger Halbkugeln.

Um eine recht grofse Druckfläche und hohen Trennungswiderstand zu erhalten, hat Herr Adolf Hering in Auerbach i. V. Hohlkörper von 30 cm Durchmesser konstruiert, die aus zwei flachen, mit Handhaben versehenen Hohlscheiben zusammengesetzt sind. Er erreicht hierdurch eine solche Verringerung des Hohlraums, dafs es zum Verdünnen der Luft gar keiner Luftpumpe bedarf. Ansaugen mit dem Munde genügt schon, um einen Überdruck zu erzeugen, den die Kräfte zweier Männer nicht zu überwinden vermögen. Auch können diese Hohlscheiben zum Hervorbringen einer ähnlichen Wirkung wie die der hydraulischen Presse dienen. Stellt man nämlich einen oder zwei Knaben (oder auch schwere Gewichte) auf die wagerecht liegenden Hohlscheiben und bläst mit dem Munde Luft in den Hohlraum, so wird nicht allein die nicht unbedeutende Adhäsion des Randes überwunden, sondern es wird auch die gesamte Last etwas gehoben. Die Hohlscheiben werden von der Lehrmittelfabrik von Carl Hering in Auerbach i. V. (Kgr. Sachsen) für M. 15 geliefert.

Correspondenz.

Herr Prof. W. Voigt in Göttingen sendete auf die Besprechung seines „Kompendium der theoretischen Physik“ in Heft 6 des vor. Jahrg. (S. 301) die nachstehende Erwiderung:

„Der Referent stellt an die Spitze seiner Ausführungen einige Sätze, die ich nach seiner Angabe dem Kompendium vorausgeschickt haben soll, um meinen Plan bei dessen Ausführung zu entwickeln. Sie beginnen folgendermafsen: „Das Werk ist zunächst bestimmt, die Studierenden der Mathematik und Physik soweit in die Grundlehren und Methoden der allgemeinen Mechanik einzuführen, als diese in den Vorlesungen über die einzelnen Teile der theoretischen Physik zur Anwendung kommen und als bekannt vorausgesetzt werden müssen“, und sprechen weiterhin die Hoffnung aus, dafs ein solches Buch auch dem Chemiker, Mineralogen, Physiologen willkommen sein möchte. Hieraus schliefst der Referent, dafs das Kompendium für Anfänger bestimmt sei und beweist nun mit Überlegenheit, dafs es seinen Zweck vollständig verfehle.

Der Referent ist einem höchst seltsamen Irrtum verfallen: Die Worte, in denen er das Programm des Kompendium sieht, stehen gar nicht in diesem Buche; sie sind frei übernommen aus der Vorrede des Verfassers zu seiner Elementaren Mechanik und finden sich in der Ankündigung dieses Buches durch den Verleger. Dafs der Referent dies nicht bemerkt hat, ist völlig unerklärlich, und um so mehr, als er selbst wenige Zeilen unter dem oben citierten Passus den Eingang der Vorrede zum Kompendium abdruckt, der eine zusammenfassende Darstellung des ganzen Gebietes der theoretischen Physik ankündigt, für Lernende bestimmt, die nach Bewältigung einiger Spezialgebiete einen Überblick über die ganze Disziplin zu gewinnen wünschen.

Diese beiden Sätze stehen ja im vollkommenen Widerspruch zu einander. Dort eine Elementare Mechanik als Einleitung in das Studium der theoretischen Physik — so lautet der vollständige Titel — hier ein Kompendium der theoretischen Physik, für diejenigen bestimmt, die über das gewöhnlich auf der Universität gesteckte Ziel des Hörens einiger Spezialvorlesungen hinausgehen wollen! Welch ein Bild entwirft der Referent von einem Autor, dem er die Vermischung dieser zwei Aufgaben nachsagt, und wie sachgemäfs wird sein Referat ausfallen!

Thatsächlich liegen die Dinge so. Die Elementare Mechanik und das Kompendium bilden zusammen eine Art Ganzes, wie dies ja in den Titeln deutlich ausgedrückt ist. In der Elementaren Mechanik sind die Grundlagen des behandelten Gebietes mit äusserster Ausführlichkeit besprochen, auch zahlreiche Beispiele durchgeführt und diskutiert. In dem Kapitel Mechanik des Kompendium ist dagegen das Hauptgewicht auf die Beziehungen der Mechanik zu andern Teilen der theoretischen Physik gelegt, wie dies das Vorwort auch nachdrücklich ausspricht; ihre Grundlehren sind als im wesentlichen bekannt vorausgesetzt und nur, um keine Lücke zu lassen, auf kürzestem Wege nochmals entwickelt. Wer sich die Mühe nimmt, die correspondierenden Abschnitte in beiden Büchern zu vergleichen, wird dies bestätigt sehen, auch alles, was der Referent im Kompendium vermifst, in der Elementaren Mechanik vorfinden.

Allerdings habe ich in der Vorrede zum Kompendium nicht ausdrücklich auf die Elementare Mechanik hingewiesen; mir widerstrebte eine Anführung des eigenen Werkes, dessen Stelle jedes andere Buch über Mechanik faktisch einnehmen kann, und ich begnügte mich mit wiederholten Citaten aus demselben. Dass aber Vorkenntnisse aus der Mechanik vorausgesetzt werden, sagt die Vorrede deutlich genug; wird doch allgemein die Mechanik als Eingang zur theoretischen Physik gelehrt und gehört.

Neben dem im Vorstehenden dargelegten gröfsten Mifsverständnis finde ich in dem — teilweise ja überschwänglich lobenden — Referat noch einige kleinere, von denen wenigstens eines als bedeutungs- und folgenreich hervorgehoben werden mag.

Referent bezeichnet es als „die vornehmste Eigenschaft“ des Kompendium, dafs es die gesamte Physik auf die Bewegungslehre zurückzuführen sucht. Das Kompendium verdient dieses Lob nicht; es verfolgt jenes Ziel nicht und spricht das nicht nur in beiden Vorworten nachdrücklich aus, sondern äufsert sich auch im Laufe der Darstellung wiederholt über den problematischen Wert der mechanischen Theorien. Ein Übersehen dieses Umstandes bringt naturgemäfs den Referenten vielen Entwickelungen — z. B. dem ganzen zweiten Bande — gegenüber in eine unrichtige Stellung.

Wenn ich nun auch die Gründe für die von mir vertretene Auffassung hier nicht erörtern kann, so möchte ich doch darauf hinweisen, dafs ein merkliches Sinken der Wertschätzung der mechanischen Theorieen in der Physik schon Dezennien andauert, und dafs somit im Gegensatz zu der Darstellung des Referenten nicht ihre Bevorzugung, sondern ihre möglichste Elimination dem neuesten, oder, wie er sagt, dem „hypermodernen“ Standpunkt entsprechen dürfte.

Auch gegen die am Schlusse des Referates erhobenen Einwände spezieller Art hätte ich mancherlei geltend zu machen; indessen vertraue ich, dafs der Leser, der den Zusammenhang beachtet, in dem die beanstandeten Sätze stehen, trotz gelegentlicher Ungenauigkeit ihres Ausdruckes, vor Mifsverständnissen geschützt sein wird.“

Göttingen, den 17. November 1896.

Im Anschlusse an die Mitteilung von A. Kuhfahl über das Doppler'sche Prinzip (S. 31) fügt Herr Husmann seiner Darstellung desselben Gegenstandes (in Jahrgang IX. S. 237) noch Folgendes hinzu: Seine Bemerkung beziehe sich auf die in den Schulen gebräuchlichen Lehrbücher, von denen manche die Entwicklung der Formel nur für den Fall enthalten, dafs die Schallquelle sich bewegt, obgleich gerade diese Herleitung eine etwas hypothetische Grundlage habe (vergl. d. Ztschr. IX 249), während der andere einwandfreie Fall, dafs der Beobachter sich der Schallquelle nähert oder von ihr entfernt, unerwähnt bleibe. Beide Formeln seien, wie er nachträglich erfahren, in den Lehrbüchern von Reis und Beetz angeführt. Der Entwickelung des Herrn Kuhfahl erkennt auch Herr Husmann wegen ihrer Einfachheit den Vorzug zu; sie liefert eine allgemein gültige Formel für beide Fälle, die jedoch nur so lange genau bleibt, wie Beobachter und Schallquelle sich in gerader Linie auf einander zu oder von einander fortbewegen.

Anleitung zum Gebrauch der astronomischen Tafel für 1897.

Die Karte I stellt die Sterne erster bis vierter Gröfse nördlich und südlich von der Ekliptik bis zu 30° Breite dar. Je ein Grad des Kugelumfanges, nach Länge oder Breite, ist durch eine Strecke von 1 mm dargestellt. Die Örter der Sonne sind in die Sternkarte selbst eingezeichnet, der Monatstag ist unmittelbar hinzugefügt, der Name des Monats findet sich am unteren Rande der Karte. Die Bahnen der Planeten mufsten in besondere Wiederholungen der mittleren Zone des Hauptnetzes (Karte III bis VII) gezeichnet werden. Es wird leicht sein, jeden Ort eines Planeten senkrecht aufwärts in den identischen Ort der Sternkarte zu verschieben. Das Zeitintervall der auf den Bahnen hervorgehobenen Punkte beträgt 8 Tage für Sonne, Merkur und Venus, 16 Tage für Mars, 32 Tage für Jupiter und Saturn. Bei den äufsersten Planeten, Uranus und Neptun, sind nur die Stillstandspunkte hervorgehoben.

Die Merkursbahn zeigt in grofsem Mafsstabe alle Eigenthümlichkeiten der Planetenbahnen, eine nach Norden gewandte Schleife im Januar, eine Zickzacklinie im Mai, eine nach Süden gewandte Schleife im September. Die Zeit zwischen zwei gleichartigen Durchgängen durch den Knoten ist immer gleich 88 Tagen. Venus ist im April und Mai rückläufig, sie beschreibt eine sehr schmale Schleife, sodafs ihre Bahn fast in eine Zickzacklinie übergeht. Mars vollendet, anfangs noch rückläufig, die im vorigen Jahre begonnene Schleife. Während Merkur und Venus in einem Jahre etwa den ganzen Umfang des Tierkreises durchlaufen, legt ihn Mars nur zur Hälfte zurück, die Wege der entfernteren Planeten werden immer kleiner, die Breite der Schleifen wird so gering, dafs Hin- und Rückgang fast auf derselben Linie zu erfolgen scheint. Ihre Bahnen kehren von Jahr zu Jahr in fast unveränderter Gestalt wieder, indem sie sich nur weiter nach links verschieben. Fügt man die Neptunsbahnen für drei aufeinanderfolgende Jahre aneinander, so ersieht man das merkwürdige Resultat, dafs benachbarte Schleifen über einander greifen, sodafs Neptun denselben Fixstern nicht ein- oder dreimal, wie die andern Planeten, sondern drei- oder fünfmal passiert. Die auf die Ekliptik projizierte räumliche geocentrische Bahn, einer Epicykloide ähnlich, würde diese Verschlingung der Schleifen noch deutlicher erkennen lassen.

Die Conjunktionen der Planeten mit einander, mit der Sonne und während jedes Monats mit dem Monde sind leicht aufzufinden, indem man zwei übereinander stehende gleiche Daten auf den beiden verglichenen Bahnen aufsucht. Die Opposition eines oberen, die untere Conjunktion eines unteren Planeten liegt immer mitten in der rückläufigen Bewegung.

Die Karte VII stellt den elliptischen Mondlauf für einen siderischen Monat aus der Mitte des Jahres (21. Juni bis 18. Juli) von Tag zu Tag dar. Sie kann angenähert für das ganze Jahr benutzt werden, der Mond kann aber in ungünstigen Fällen in seiner Bahn um 4° von dem für die Stunde angegebenen Punkt entfernt stehen. Soll z. B. der Ort für den 20. Mai 0^h bestimmt werden, so sind seit dem Beginn des siderischen Monats am 27. April 21^h (d. h. nach bürgerlicher Rechnung 28. April 9^h vormittags) $22^d\,3^h$ verflossen. Der Mond steht also zwischen den Punkten (22) und (23) in 292° Länge, etwa in der Mitte zwischen σ im Schützen und β im Steinbock, zugleich hat die Sonne eine Länge von 60° oder auch 420°, sie steht also 128° links vom Monde. Das uns sichtbare beleuchtete Kugelzweieck desselben erstreckt sich vom linken Rande aus über 128°, die Phase liegt also zwischen Vollmond und letztem Viertel.

Mit der Sonne steht der Mond am 1. Februar und am 29. Juli in der Nähe der Knoten in Conjunktion. Es finden dann Sonnenfinsternisse statt, die bei uns unsichtbar sind. Mondfinsternisse ereignen sich nicht.

Der Verlauf der Mondbahn zeigt auch, welche Sterne im Laufe des Jahres vom Monde bedeckt werden. Diese müssen einer Zone angehören, deren Mittellinie die Mondbahn ist, und deren halbe Breite gleich der Summe von Radius und Parallaxe des Mondes $= 1\,^1/_4°$ ist. Dabei ist zu beachten, dafs wegen des Rückgangs der Knoten um 9° in einem Halbjahr die Mondbahn zu Anfang und zu Ende des Jahres ein wenig teils über, teils unter der gezeichneten liegen kann, diese Breitenänderung beträgt höchstens $^3/_4°$. Die von Berlin aus sichtbaren Bedeckungen, bei denen die Sterne südlich von der Mondbahn liegen müssen, sind nach dem Berliner astronomischen Jahrbuch folgende:

ε im Widder, 15. September [Alter des Mondes 18^d], 6. Dezember [12^d],
einige Plejaden, 13. Januar [10^d], 9. März [6^d], 23. Juli [23^d], 6. September [19^d], 13. Oktober [17^d],
ε in den Zwillingen 16. Januar [13^d], 12. März [9^d], 19. September [22^d],
δ im Krebs, 15. Februar [14^d],
π im Skorpion, 16. Mai [15^d],
X im Schützen, 20. April [18^d], 14. Juni [14^d],
φ im Schützen, 29. Januar [26^d],
σ im Schützen, 15. Juni [15^d], 9. August [11^d].

Die Karten II und II^a dienen dazu, den inneren Teil des Tierkreisgürtels, in welchem die Planeten und der Mond sich bewegen, auf den Äquator zu beziehen und die auf die tägliche Drehung bezüglichen Fragen für die Polhöhe von Berlin (52° 31′) und von Wien (48° 13′) zu beantworten. Die am unteren Rande der Karten mit 1^h, 2^h . . . 24^h bezeichneten schrägen Linien geben eine bestimmte Rektascension α an, oder auch, nach Sternzeit, den Zeitpunkt der Culmination der Gestirne. Die Parallelkreise zum Äquator erscheinen, wie dieser selbst, als wellenförmige Linien und sind nicht für gleiche Stufen der Deklination, sondern so gezogen, dafs für die angenommene geographische Breite der halbe Tagesbogen ($^1/_2\,T$) der in ihnen stehenden Sterne um je $^1/_2{}^h$ variiert.

Um z. B. die Aufgangszeit (A), Culminationszeit (C) und Untergangszeit (U) von Antares oder α im Skorpion für Wien am 23. April zu finden, bestimmt man sie zunächst nach Sternzeit, giltig für jeden Tag. Überträgt man den Ort des Sternes aus Karte (I) in (II^a), so findet man $\alpha = 16^h\,22^m$, $^1/_2\,T = 3^h\,45^m$, folglich nach Sternzeit $A = \alpha - {}^1/_2\,T = 12^h\,37^m$, $C = \alpha = 16^h\,22^m$, $U = \alpha + {}^1/_2\,T = 20^h\,7^m$.

Zugleich ist für den Ort der Sonne am 23. April $\alpha' = 2^h\,5^m$, d. h. die Sternzeit geht am 23. April gegen wahre Sonnenzeit um $2^h\,5^m$ vor, ferner $^1/_2\,T' = 6^h\,58^m$. Es ist also, nach wahrer Sonnenzeit, Sonnenaufgang um $24^h - 6^h\,58^m = 17^h\,2^m$, Sonnenuntergang um $6^h\,58^m$.

Um für den Antares die oben angegebenen Sternzeiten in wahre Sonnenzeit zu verwandeln, hat man α' zu subtrahieren: $A = \alpha - \alpha' - {}^1/_2 T = 10^h\,32^m$, $C = \alpha - \alpha' = 14^h\,17^m$, $U = \alpha - \alpha' + {}^1/_2 T = 18^h\,2^m$.

Die Karte I enthält noch eine Kurve, deren Ordinate z die Zeitgleichung für die Sonnenlänge als Abscisse darstellt. Dabei ist 1^{mm} als 1^{min} zu rechnen. So ist am 10. Februar die Zeitgleichung $= 15^{min}$, am 23. April $= -2^{min}$. Sie ist der Angabe eines Zeitpunktes nach wahrer Sonnenzeit hinzuzufügen, um ihn in mittlerer Sonnenzeit zu erhalten. Seit der Einführung der Mittel-Europäischen Zeit ist aufserdem noch deren Fehler d zu den Zeitangaben zu addieren, um sie mit den ortsüblichen Uhren vergleichen zu können. Für Berlin ist $d = 6^{min}$, für Wien $d = -5^{min}$. Im ganzen sind daher die obigen Angaben um $z + d = -2^{min} - 5^{min} = -7^{min}$ zu vermehren, um für

Wien nach *MEZ* zu erhalten: $A = 10^h\ 25^m$, $C = 14^h\ 10^m$, $U = 17^h\ 55^m$. Hierbei ist aber die Wirkung der Refraktion noch nicht berücksichtigt.

Aus den folgenden Tabellen ist zu dem halben Tagesbogen ($^1/_2\ T$) eines Gestirnes für die Polhöhe von Berlin und die von Wien zu entnehmen: die Deklination $= \delta$, die Morgen- oder Abendweite $= w$ (nördlich +, südlich —), die Verfrühung des Aufganges oder Verspätung des Unterganges durch die Refraktion $= \varrho$, endlich $\Delta(^1/_2\ T)$ und Δw, d. h. die Änderungen, die $^1/_2\ T$ und w für einen bestimmten Stern erleiden, wenn die geographische Breite φ des Beobachtungsortes um 1° wächst. Wo + und — zur Wahl steht, bezieht sich das obere Zeichen auf die obere Reihe der Werte von $^1/_2\ T$.

Berlin $^1/_2\ T$	$6^h\ 0^m$	$6^h\ 30^m$ / $5^h\ 30^m$	$7^h\ 0^m$ / $5^h\ 0^m$	$7^h\ 30^m$ / $4^h\ 30^m$	$8^h\ 0^m$ / $4^h\ 0^m$	$8^h\ 30^m$ / $3^h\ 30^m$	$9^h\ 0^m$ / $3^h\ 0^m$	$9^h\ 30^m$ / $2^h\ 30^m$
$\delta\ \pm$	0°	6°	11°	16°	21°	25°	28°	31°
$w\ \pm$	0°	9°	19°	28°	36°	44°	52°	59°
ϱ	4^m	4^m	4^m	4^m	5^m	5^m	6^m	7^m
$\Delta(^1/_2 T)\ \pm$	0^m	1^m	2^m	3^m	5^m	6^m	8^m	11^m
$\Delta w\ \pm$	0°	0°	0°	1°	1°	1°	2°	2°

Wien $^1/_2\ T$	$6^h\ 0^m$	$6^h\ 30^m$ / $5^h\ 30^m$	$7^h\ 0^m$ / $5^h\ 0^m$	$7^h\ 30^m$ / $4^h\ 30^m$	$8^h\ 0^m$ / $4^h\ 0^m$	$8^h\ 30^m$ / $3^h\ 30^m$	$9^h\ 0^m$ / $3^h\ 0^m$
$\delta\ \pm$	0°	7°	13°	19°	24°	29°	32°
$w\ \pm$	0°	10°	20°	29°	38°	46°	53°
ϱ	4^m	4^m	4^m	4^m	4^m	5^m	5^m
$\Delta(^1/_2 T)\ \pm$	0^m	1^m	2^m	3^m	5^m	6^m	8^m
$\Delta w\ \pm$	0°	0°	0°	1°	1°	1°	2°

Berücksichtigt man hiernach die Refraktion $\varrho = 5^{min}$, so wird definitiv für den Antares am 23. April für Wien

$$\left.\begin{aligned} A &= (\alpha - \alpha' + z + d) - (^1/_2\,T + \varrho) = 10^h\ 20^m \\ C &= (\alpha - \alpha' + z + d) = 14^h\ 10^m \\ U &= (\alpha - \alpha' + z + d) + (^1/_2\,T + \varrho) = 18^h\ 0^m \end{aligned}\right\} (MEZ)$$

Der Stern geht auf im Abstande $w = -42°$ vom Ostpunkt, zwischen Osten und Süden, er hat die Deklination $\delta = -26°$ und culminiert in der Höhe $H = 90° - \varphi + \delta = 42° - 26° = 16°$.

Ähnlich erhält man für die Sonne am 23. April mit Rücksicht auf die Refraktion $\varrho' = 4^{min}$.

$$\begin{aligned} A &= 24^h + z + d - (^1/_2\,T' + \varrho') = 16^h\ 51^m \\ C &= 24^h + z + d = 23^h\ 53^m \\ U &= z + d + (^1/_2\,T' + \varrho') = 6^h\ 55^m \end{aligned}$$

die Morgenwerte $w = +20°$, die Deklination $\delta = 13°$, die Culminationshöhe $H = 55°$.

Diese Beispiele sind im folgenden mit einigen anderen tabellarisch zusammengestellt:

Ort, Zeit	Stern	$^1/_2\ T$	α	ϱ	z	d	A	C	U	w	δ	H
Berlin 23. April	⊙	$7^h\ 8^m$	$2^h\ 5^m$	4^m	-2^m	6^m	$16^h\ 52^m$	$0^h\ 4^m$	$7^h\ 16^m$	21°	13°	51°
„	Antares	$3^h\ 16^m$	$16^h\ 22^m$	5^m	„	„	$11^h\ 0^m$	$14^h\ 21^m$	$17^h\ 42^m$	−48°	−26°	12°
„	☿	$8^h\ 0^m$	$3^h\ 20^m$	5^m	„	„	$17^h\ 14^m$	$1^h\ 19^m$	$9^h\ 24^m$	36°	21°	59°
„	♃	$7^h\ 8^m$	$10^h\ 11^m$	4^m	„	„	$1^h\ 0^m$	$8^h\ 10^m$	$15^h\ 20^m$	21°	13°	51°
Wien 23. April	⊙	$6^h\ 58^m$	$2^h\ 5^m$	4^m	„	-5^m	$16^h\ 51^m$	$23^h\ 53^m$	$6^h\ 55^m$	20°	13°	55°
„	Antares	$3^h\ 45^m$	$16^h\ 22^m$	5^m	„	„	$10^h\ 20^m$	$14^h\ 10^m$	$18^h\ 0^m$	−42°	−26°	16°
„	☿	$7^h\ 42^m$	$3^h\ 20^m$	4^m	„	„	$17^h\ 22^m$	$1^h\ 8^m$	$8^h\ 54^m$	33°	21°	63°
„	♃	$6^h\ 58^m$	$10^h\ 11^m$	4^m	„	„	$0^h\ 57^m$	$7^h\ 59^m$	$15^h\ 1^m$	20°	13°	55°

Die Kurven ($^1/_2\,T$) und (α) in Karte II bilden ein Netz, das aus rechteckigen Maschen besteht. Durchläuft man aneinanderstofsende Diagonalen immer in der Richtung von rechts unten nach links oben, was an einigen Stellen der Karte durch die gestrichelten Linien (A) angedeutet ist, so nimmt längs jeder Diagonale α und $^1/_2\,T$ um 30^m zu, daher bleibt die Aufgangszeit $A = \alpha - {^1/_2}\,T$ für die durchlaufene Linie constant, diese giebt also, in Karte I übertragen, am Fixstern-Himmel solche Punkte an, die zugleich aufgehen, d. h. sie giebt für die Sternzeit ($\alpha - {^1/_2}\,T$) die Spur des östlichen Horizonts am Himmel an. Die Karte II ermöglicht daher, die Stellung der gerade aufgehenden Sternbilder gegen den Horizont zu bestimmen, z. B. zeigt sie, dafs die Verbindungslinie von Castor und Pollux beim Aufgange der Zwillinge fast vertikal steht. Zieht man dagegen Trajektorien durch das Netz, welche überall die Richtung der von links unten nach rechts oben gehenden Diagonalen haben, wie es durch die gestrichelten Linien (U) angedeutet ist, so bleibt längs derselben die Untergangszeit $U = \alpha + {^1/_2}\,T$ ungeändert, sie deuten also die Lage des Horizonts zu den gerade untergehenden Sternbildern an.

Legt man durch den Ort der Sonne für den 23. April die Trajektorien (A) und (U), so geben diese am Himmel die Sterne an, deren wahrer kosmischer Aufgang, bzw. Untergang auf den 23. April fällt. Die Sterne, welche über dem Aufgangshorizont (A) der Sonne liegen, sind Morgensterne, sichtbar vor Sonnenaufgang, diejenigen, welche über dem zugehörigen Untergangshorizont (U) liegen, sind Abendsterne. Die Spuren von (A) und (U) am Fixsternhimmel bilden vier Winkelräume, der linke enthält die Abendsterne, der rechte die Morgensterne, der obere solche Gestirne, die am Morgen und am Abend zu sehen sind, der untere solche, die im Laufe einer Nacht aufgehen und untergehen. Ein Vergleich der Karten II und II^a zeigt, dafs die beiden letzten Scheitelwinkel für Wien kleiner als für Berlin sind, für Quito verchwinden sie ganz, da dort (A) und (U) in denselben Deklinations-Kreis zusammenfallen. Die Erscheinung der Venus als Abend- und Morgenstern zugleich im Februar 1894 kann daher nur für beschränkte Gebiete der Erde sichtbar gewesen sein.

Die Karte VIII zeigt in doppeltem Mafsstabe, wie die unteren Planeten um die Sonne gleich Trabanten hin- und herlaufen. Die uns näheren Teile der Bahn, auf denen die untere Conjunktion stattfindet und die relative Geschwindigkeit der Planeten sehr grofs ist, sind stark ausgezogen. Merkur wird im Maximum der Elongation viermal als Abendstern sichtbar sein, am besten gegen Ende des April, da dann die Ekliptik gegen den Untergangshorizont der Sonne unter einem grofsen Winkel geneigt ist. In Berlin und Wien ist am 23. April Merkur nach den obigen Beispielen noch 2 Stunden nach Sonnenuntergang über dem Horizont. *M. Koppe.*

Himmelserscheinungen im Januar, Februar und März [1] 1897.

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

Januar			Februar			März		
2	19h 3m	Neumond	1	9h 13m	Neumond	13	0h 56m	Neumond
10	10 46	Erstes Viertel	8	7	Mond in Erdferne	8	2	Mond in Erdferne
11	9	Mond in Erdferne	9	8 25	Erstes Viertel	11	4 28	Erstes Viertel
18	9 17	Vollmond	16	23 11	Vollmond	18	10 28	Vollmond
25	3	Mond in Erdnähe	20	2	Mond in Erdnähe	20	1	Mond in Erdnähe
25	9 9	Letztes Viertel	23	16 44	Letztes Viertel	25	1 0	Letztes Viertel.

		☿	♀	♂	♃	♄
Aufgang der Planeten.	Jan. 16	20h 17m	21.48	0.18	8.10	15.34
	Febr. 14	18.16	20.29	22.39	5.52	13.49
	März 16	18.5	18.48	21.29	3.32	11.56
Untergang der Planeten.	Jan. 16	4.34	8.26	17.30	21.58	0.31
	Febr. 14	2.41	9.42	15.58	19.55	22.39
	März 16	4.31	10.33	14.53	17.50	20.42

Constellationen. Januar 4 7h ☿ ☌ ☾; 6 5h ☿ in gröfster östlicher Ausweichung; 6 8h ♀ ☌ ☾; 14 10h ☿ im Perihel; 14 16h ♂ ☌ ☾; 21 10h ♄ ☌ ☉; 22 3h ☿ in unterer Sonnen-Conjunktion, wird Morgenstern; 27 3h ♄ ☌ ☾; 30 22h ☿ ☌ ☾. — Februar 1 ringförmige Sonnenfinsternis, in Europa unsichtbar; 5 12h ♀ ☌ ☾; 11 9h ♂ ☌ ☾; 15 17h ☿ in gröfster westlicher Ausweichung; 15 20h ♀ in gröfster östlicher Ausweichung; 17 13h ♃ ☌ ☾; 18 8h ♄ □ ☉; 23 3h ♃ ☍ ☉; 23 10h ♄ ☌ ☾ 27 9h ☿ in Sonnenferne; 28 2h ♂ ☌ β *Tauri*. — März 1 2h ☿ ☌ ☾; 4 14h ♀ in Sonnennähe; 7 2h ♀ ☌ ☾; 11 13h ♂ ☌ ☾; 16 17h ♃ ☌ ☾; 18 11h ♂ □ ☉; 19 21h ☉ im Widder, Frühlings-Nachtgleiche; 22 17h ♄ ☌ ☾; 22 20h ♀ im gröfsten Glanze.

[1]) Die Planetentabelle geht nur bis Mitte März.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	Januar							Februar					März			
Monatstag	0	5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	1	6	11	
Heliocentrische Längen.	356°	20	48	80	110	138	163	183	201	218	232	247	260	274	289	☿
	28	36	44	52	60	68	76	84	92	100	108	116	124	132	141	♀
	100	105	111	116	121	126	131	136	141	146	151	156	161	166	171	♁
	90	92	95	97	99	102	104	107	109	111	113	116	118	120	123	♂
	151	152	152	152	153	153	153	154	154	155	155	155	156	156	157	♃
	233	233	234	234	234	234	234	234	234	235	235	235	235	235	235	♄
Aufst. Knoten.	317	317	317	316	316	316	316	315	315	315	315	314	314	314	313	☾
Mittl. Länge.	242	308	14	79	145	211	277	343	49	115	181	247	312	18	84	☾
Geocentrische Rektascensionen.	240	316	13	74	143	207	282	347	43	111	177	248	320	16	78	☾
	300	307	311	312	307	301	296	295	298	302	307	314	321	328	336	☿
	325	331	336	342	347	352	357	2	7	11	16	20	24	28	32	♀
	281	287	292	298	303	308	313	318	323	328	333	338	343	347	352	☉
	71	70	70	70	70	70	71	72	73	75	76	78	80	83	85	♂
	162	162	162	162	161	161	160	160	159	159	158	157	157	156	156	♃
	235	236	236	237	237	237	238	238	238	239	239	239	239	239	239	♄
Geocentrische Deklinationen.	−26	−17	+10	+27	+14	−17	−26	− 3	+22	+24	− 3	−27	−15	+12	+27	☾
	−22	−20	−18	−16	−16	−17	−18	−19	−20	−20	−19	−18	−17	−15	−12	☿
	−16	−14	−11	− 9	− 6	− 4	− 1	+ 1	+ 4	+ 6	+ 9	+11	+13	+15	+17	♀
	−23	−23	−22	−21	−20	−19	−18	−16	−14	−13	−11	− 9	− 7	− 5	− 4	☉
	+25	+25	+25	+25	+25	+25	+25	+25	+25	+25	+25	+26	+26	+26	+26	♂
	+ 9	+ 9	+ 9	+ 9	+ 9	+ 9	+10	+10	+10	+10	+11	+11	+11	+11	+12	♃
	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	♄
Aufgang.	$20^h 14^m$	20.12	20.9	20.5	19.59	19.53	19.45	19.37	19.28	19.18	19.8	18.57	18.46	18.34	18.23	☉
	$18^h 57^m$	21.53	22.48	0.30	6.39	13.49	19.17	20.32	21.50	1.25	8.34	15.44	18.18	19.15	21.55	☾
Untergang.	$3^h 54^m$	4.0	4.6	4.14	4.23	4.32	4.41	4.50	5.0	5.10	5.19	5.28	5.38	5.47	5.56	☉
	$0^h 42^m$	6.49	13.1	18.43	20.58	22.12	1.34	8.18	14.20	18.28	19.44	22.13	3.25	9.37	15.12	☾
Zeitgleichg.	+ $3^m 31^s$	+ 5.50	+ 7.57	+ 9.49	+11.23	+12.39	+13.35	+14.11	+14.27	+14.22	+13.59	+13.20	+12.26	+11.20	+ 10.4	☉

Jupitermonde. Januar. I. 1 $17^h\,42^m$ E; 3 $12^h\,10^m$ E; 10 $14^h\,3^m$ E; 17 $15^h\,56^m$ E; 19 $10^h\,25^m$ E; 24 $17^h\,50^m$ E; 26 $12^h\,18^m$ E. — II. 1 $18^h\,10^m$ E; 12 $10^h\,5^m$ E; 19 $12^h\,41^m$ E; 26 $15^h\,17^m$ E. — III. 14 $10^h\,0^m$ M, halbe Dauer $1^h\,44^m$; 21 $13^h\,57^m$ M, h. D. $1^h\,44^m$; 28 $17^h\,55^m$ M, h. D. $1^h\,44^m$. — IV. 6 $11^h\,25^m$ M, h. D. $2^h\,16^m$. — Februar: I. 2 $14^h\,11^m$ E; 4 $8^h\,40^m$ E; 9 $16^h\,5^m$ E; 11 $10^h\,33^m$ E; 16 $17^h\,59^m$ E; 18 $12^h\,27^m$ E; 20 $6^h\,55^m$ E; 25 $16^h\,35^m$ A; 27 $11^h\,4^m$ A. — II. 2 $17^h\,54^m$ E; 6 $7^h\,11^m$ E; 13 $9^h\,48^m$ E; 20 $12^h\,24^m$ E; 27 $17^h\,49^m$ A. — III. 26 $9^h\,47^m$ M, h. D. $1^h\,43^m$. — IV. 25 $17^h\,20^m$ M, h. D. $2^h\,11^m$. — März: I. 6 $12^h\,58^m$ A; 8 $7^h\,26^m$ A; 13 $14^h\,52^m$ A; 15 $9^h\,21^m$ A; 20 $16^h\,46^m$ A; 22 $11^h\,15^m$ A; 29 $13^h\,9^m$ A; 31 $7^h\,38^m$ A. — II. 10 $9^h\,43^m$ A; 17 $12^h\,19^m$ A; 24 $14^h\,55^m$ A. — III. 5 $13^h\,45^m$ M, h. D. $1^h\,42^m$. — IV. 14 $11^h\,19^m$ M, h. D. $2^h\,9^m$. — Die lateinischen Zahlen bezeichnen die Galileischen Monde vom innersten bis zum äufsersten, die Zeitangaben E und A Eintritt und Austritt, wovon sich bei den zwei inneren Monden immer nur der eine Moment beobachten läfst. Bei den äufseren zwei Monden wird mit M der Zeitpunkt der Mitte der Finsternis angegeben, mit h. D. die halbe Dauer der Verfinsterung. — Zeitangaben nach mitteleuropäischer Zählung.

Veränderliche Sterne. 1. Algols-Minima treten ein: Jan. 15 13^h, 18 9^h, 21 6^h; Febr. 4 14^h, 7 11^h, 10 8^h, 27 13^h; März 2 10^h, 25 8^h. 2. *R*, *β Lyrae* im Januar gleich nach dem Dunkelwerden und auch noch in der Morgendämmerung zu beobachten. Später nur mehr morgens. Von *η Aquilae* sind vor dem Frühuntergange noch Abendbeobachtungen zu gewinnen, dann nach mehrwöchiger Pause Morgenbeobachtungen. Abends ferner *ζ*, *η Geminorum*, *ε Aurigae*, *β* und *ρ Persei*; — *α Cassiopeiae*, *δ* und *μ Cephei* sind circumpolar.

Meteore und Zodiakallicht. Die Sternschnuppen-Maxima Jan. 1—3 und z. T. Febr. 22 werden durch Abwesenheit des Mondlichtes begünstigt. — An den mondfreien Abenden aller drei Monate ist das Zodiakallicht als eine schief nach links gerichtete Pyramide etwa 1^h nach Sonnenuntergang am Westhimmel aufzufinden.

J. Plaſsmann, Warendorf.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

I. Tierkreisg

Örter der Son

(Intervall 8 T

Zeitgleich

Sterngrösse

1 2 3

Fuhrmann

Perseus

Triangel

Andromeda

Zwillinge

Stier

Widder

Fische

Orion

Eridanus

Walfisch

Aequator

Juni VI   Mai V   April IV   März III

I ☉

II. Halbe Tage

für di

Polhöhe von

½ T.

Culmination nac

II ½ T. α

IIª Halbe Tage

für die

Polhöhe von

½ T.

Culmination nac

IIª ½ T. α

III. Merk

(Intervall 8

III ☿

IV. Ven

(Intervall

IV ♀

V. Ma

(Intervall

V ♂

VI. Jupiter ♃, Sa

(Intervall 32

Neptun

VI ♃ ♄ ♆

VII. Uranus

Mond ☾ (Interva

Apogaeum

VII ♅ ☽

VIII. Relative Be

des Merkur

Venus um di

(Intervall 16

Doppelter Ma

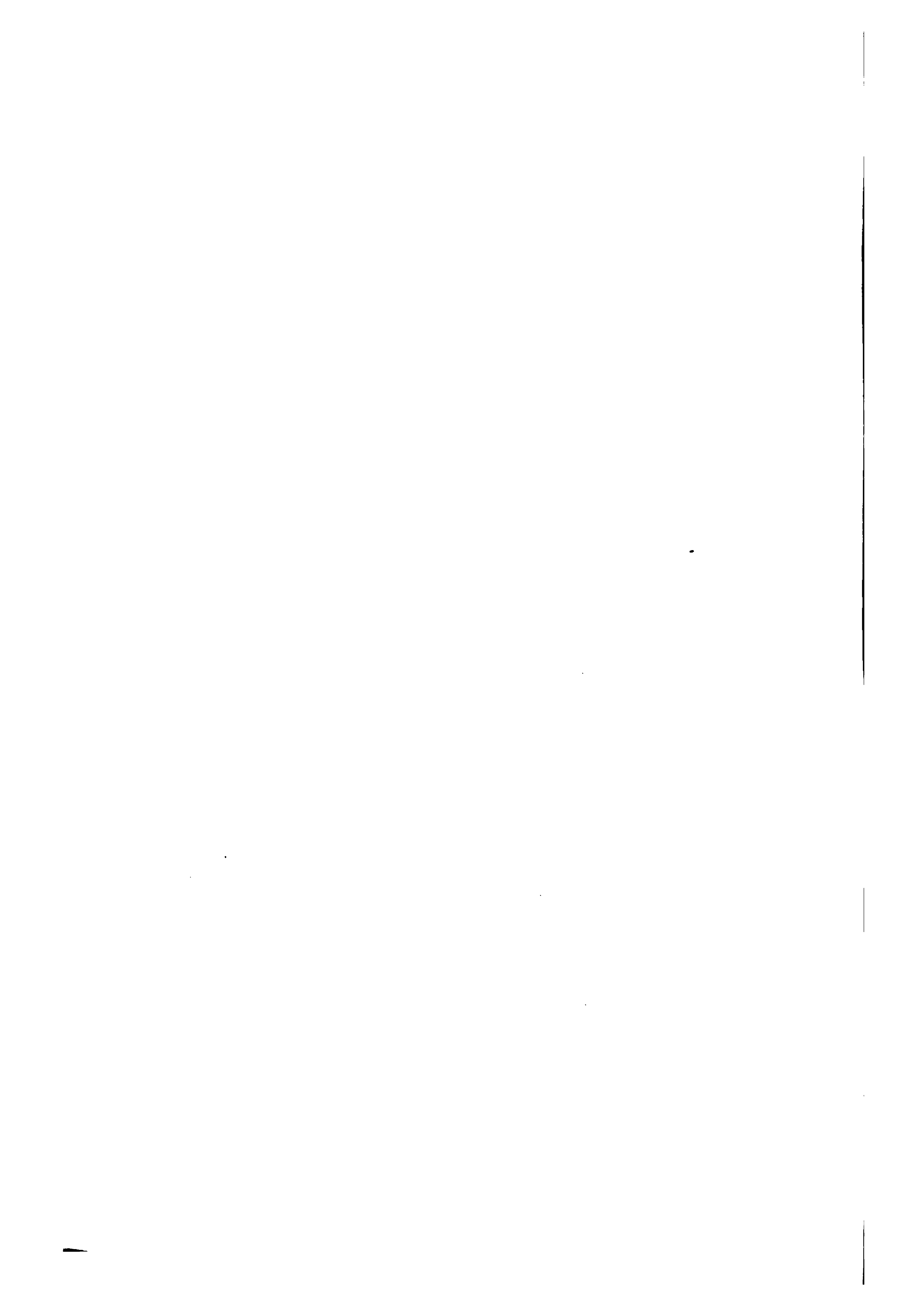
Grösster Glanz 2 VI

☿ ☉

VIII

♀ ☉

Geogr. lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller in Berlin.



Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

X. Jahrgang. Zweites Heft. März 1897.

Das geologische Experiment in der Schule.

Von

Prof. Dr. **B. Schwalbe** in Berlin.

I. Allgemeiner Teil.

Seit einer langen Reihe von Jahren habe ich in den physikalischen und früher auch in den chemischen Unterrichtsstunden geologische Erscheinungen und Gesetze zum Belege oder als Ausgangspunkt der Erörterung herangezogen und gesehen, wie äufserst fruchtbar sich diese Beziehungen zwischen Geologie und den allgemeinen Naturwissenschaften einerseits und der Geographie andrerseits gestalten lassen. Leider ist ja der Geologie und der Geognosie, der Erdkenntnis im engen Sinne, in unserem Lehrplan kein besonderer Platz gegönnt. Nur Einzelheiten dieser Wissenschaften können in den verschiedensten Disziplinen Geographie, Physik, Chemie, Botanik, Zoologie, Mineralogie und Petrographie vorgebracht werden und selbst dieses wird auf unseren Gymnasien kaum möglich sein, da an denselben die Unterlage und die Zeit für den Unterricht, wie auch hinlänglich vorgebildete Lehrkräfte, die sich für die Sache interessieren, öfters nicht vorhanden sind.

Als die Lehrpläne noch nicht alles im einzelnen genau feststellten, vor den Plänen von 1892 und 1882, war es möglich, zusammenhängenden Unterricht in der Geologie selbst zu erteilen, und ich habe denselben auf verschiedenen Stufen durchgeführt und gesehen, wie äufserst interessant und anregend für die Schüler und wie nutzbringend für andere Lehrgegenstände als Anknüpfungs- und Wiederholungsgegenstand sich derselbe gestalten läfst. Aus diesen verschiedenen Versuchen ging das kleine Buch: Schwalbe, *Lehrbuch der allgemeinen Geologie* hervor (Berlin, H. W. Müller), in dem sich eine ganze Reihe von Versuchen angeführt findet. Die Möglichkeit und Stellung des geologischen Unterrichts in Beziehung zu Geographie hatte ich in dem Aufsatze dargelegt: „Über die Geologie als Zweig des geographischen Unterrichtes" (Central-Organ für die Interessen des Realschulwesens 1879. VII S. 194—222); auch ist von anderer Seite die Zweckmäfsigkeit und die Möglichkeit, in der Schulgeographie solche Experimente durchzuführen, die den geographischen Unterricht sehr beleben, betont worden (F. Höck, *das Experiment in der Schulgeographie*), abgesehen von anderen Veröffentlichungen, die zeigen, dafs solche Bestrebungen zur Hebung und Vertiefung des geographischen Unterrichts vielfach vorhanden sind. — Über kurz oder lang wird man sich zu entscheiden haben, ob der geographische Unterricht ganz den Naturwissenschaften anzuschliefsen ist, denn das Verhältnis, dafs er auf einer Stufe nur mit Rücksicht auf den politischen und historischen Inhalt, dann aber wieder vorwiegend von naturwissenschaftlichem Gesichtspunkte aus erteilt wird, ist auf die Dauer nicht haltbar. Da aber diese Lage mit der Stellung der realistischen und linguistischen Fächer zu einander zusammenhängt, ist eine Änderung bei der jetzigen Stundenzahl nicht zu erwarten; das aber wenigstens könnte durchgeführt werden, dafs die astronomische oder mathematische Geographie auch in den mittleren Klassen

ganz in die Hände der naturwissenschaftlich vorgebildeten Geographen oder der geographisch bewanderten Lehrer der Naturwissenschaften und Mathematik gelegt würde. Vielfach ist gerade dieser Unterricht für die Historiker wenig angenehm, zumal da sie auch mit den Hülfsmitteln nicht immer vertraut sind.

Wie sehr in Lehrerkreisen die Geologie geschätzt wird und wie sehr anerkannt ist, dafs sie namentlich in kleinen Städten mit geeigneter Umgebung unterrichtlich verwertet werden kann, ging aus der Teilnahme hervor, welche die geologischen Vorlesungen und Ausflüge bei den naturwissenschaftlichen Ferienkursen erregt hatten.

So wurde bei dem letzten Ferienkursus 1896 ein Ausflug nach Grofs-Räschen zur Besichtigung des fossilen Waldmoors veranstaltet, im Jahre 1895 eine Exkursion nach den Rüdersdorfer Kalkbergen; das bergmännische Museum wurde fast in jedem Ferienkursus unter Leitung des Geh.-R. Hauchecorne besichtigt. Vorlesungen über Gebirgsbildung, über die Geysire, den Diamant u. a. mehr wurden gehalten, und so lag es nahe, einmal im Anschlufs an die systematische Zusammenstellung von Experimenten der Physik und Chemie die geologischen Experimente zusammenzustellen, welche im Unterricht Verwertung finden können, mit Hinblick auf die Teile der anderen Wissenschaften, welchen sie anzuschliefsen sein dürften. Im letzten Ferienkursus zu Berlin wurden die allgemeinen Gesichtspunkte gegeben und die Experimente übersichtlich zusammengestellt, ohne dafs es der Zeit wegen möglich war, dieselben zur Durchführung zu bringen.

Auch konnte dabei auf die Verhältnisse in anderen Ländern nur wenig Bezug genommen, noch die historische Entwicklung gegeben werden. In England und den Vereinigten Staaten bildet vielfach die Geologie schon für die Knaben im Alter von 12—15 Jahren einen Unterrichtsgegenstand, in einzelnen Fällen so weit gehend, dafs auch die geognostischen Verhältnisse mit in Berücksichtigung kommen. Das Interesse für die Beschaffenheit unserer Erdrinde ist in Amerika wohl durch die geologische Landesaufnahme der ganzen Union erregt und dadurch gehoben worden, dafs vielfach praktische Verwertungen der erlangten geognostischen Erkenntnis unmittelbar folgten. In England haben es sich die Vertreter des Faches angelegen sein lassen, die Geologie zu einer populären Wissenschaft zu machen; bei uns fehlt vor allem die Formationskenntnis und das hauptsächlich deshalb, weil die Schule die Elemente dafür nicht giebt und zum Teil der jetzigen Unterrichtsordnung wegen nicht geben kann. Über die Mittel, welche wir haben, um weiteren Kreisen die so wichtige und interessante Wissenschaft zugänglich zu machen, wird gelegentlich einiges mitgeteilt werden. In weiten Kreisen darf aber dieselbe immer noch nicht auf Beachtung rechnen, da die ersten Kenntnisse, wie erwähnt, von der Schule her nicht mitgebracht werden und die Resultate nicht glänzend genug sind, um mehr Aufsehen zu erregen als irgend eine Curiosität, und weil sie aufserdem hervorstechend technische Verwertung nicht unmittelbar erkennen lassen, obgleich in dieser Richtung doch die Geologie schon so vieles leistet und geleistet hat. —

Das geologische Experiment in der Schule hat den Zweck, die Vorgänge, welche in der Natur beobachtet werden können, den Schülern unmittelbar im kleinen vorzuführen und so darauf hinzuleiten, dafs dieselben Kräfte, deren Wirkungen im kleinen beobachtet werden, auch die grofsartigen Umänderungen, die in der Natur vor sich gegangen sind, hervorgebracht haben. Eine grofse Anzahl von Thatsachen der dynamischen Geologie wird sich so anknüpfen lassen, die technischen Beziehungen werden dagegen zurücktreten müssen.

Der Ausführung der Versuche scheint eine Schwierigkeit entgegenzustehen, die in der That oft nicht zu überwinden ist, das ist die Zeitdauer der Einwirkung. Die geologischen Prozesse vollziehen sich in Jahrhunderten und werden oft erst den späteren Generationen der Menschheit wahrnehmbar. Es ist daher unmöglich, auch nur annähernd im Experiment solche Wirkungen hervorzubringen. Dafs letztere aber vorhanden sind, läfst sich vielfach in der Weise darthun, dafs das Experiment zu einer bestimmten Zeit angesetzt und dann nach bestimmten Zeiträumen, Wochen oder Monaten, controlliert wird. Es lassen sich so z. B. deutlich die Verwitterungsprozesse zeigen, namentlich wenn dieselben künstlich etwas unterstützt werden. Im übrigen sind die Experimente ebenso zu verwerten wie alle übrigen, sie werden die Schüler zu Schlüssen, die sie durch Nachdenken finden, hinleiten.

Die Ausführung der Experimente macht keinerlei Schwierigkeiten; jeder, auch der im Experimentieren nicht sehr Geübte, wird, wenn er die Zeit auf die richtige Vorbereitung verwendet, im stande sein, den gröfsten Teil derselben den Schülern zu zeigen, so dafs auch für den geographischen Unterricht dies Experiment eingeführt werden kann, wie denn überhaupt alle realistischen Fächer auch von der Vorführung der Veränderungen nicht Abstand nehmen sollten: Beobachtungen über Keimen und Wachsen der Pflanzen, über Atmung der Tiere wirken auch im botanischen und zoologischen Unterricht sehr fördernd.

Die Klassenstufe, auf welcher die Versuche benutzt werden sollen, wird dem Lehrer überlassen werden können; es sind ja Erscheinungen darunter, die schon dem jugendlichen Alter verständlich zu machen sind, aber im allgemeinen wird man gut thun, die höheren Klassenstufen zu wählen, da die Unterscheidung der verschiedenen Stoffe nur auf diesen möglich ist und ohne eine solche der Versuch zur Ausbildung im Denken nicht gut verwertet werden kann; als reine Anschauungsversuche eignen sie sich weniger.

Die erforderlichen Materialien und Gerätschaften sind ohne grofse Kosten zu beschaffen, wie dies aus dem 2. Teil hervorgehen wird. In den kleinen Städten ist es leichter, die erforderlichen Gegenstände zu erhalten als in den grofsen; in diesen ist oft grofser Aufwand von Zeit erforderlich, um die Materialien in richtiger Qualität zu beschaffen.

Thon, Sand von verschiedenem Korn, Lehm, Kies von verschiedener Beschaffenheit, Flufsschlamm, verschiedene Gesteine u. s. w. sind in den kleineren Städten leicht zu beschaffen, in Berlin machte es oft grofse Schwierigkeiten, die richtigen Materialien zu erhalten; in einigen Fällen mufsten dieselben von aufsen bezogen werden. Da alle diese Gegenstände keine Handelsartikel im kleinen sind, und kleine Mengen fast nur den Wert für die Arbeit der Beschaffung und Verpackung haben, ist man oft auf das Entgegenkommen von Bekannten und Kollegen angewiesen.

Als Utensilien reichen die für den gewöhnlichen physikalischen und chemischen Unterricht gebrauchten aus, nur ist neben Bechergläsern, Glasstäben, Cylindern und den sonst gebrauchten Glassachen eine Anzahl von Cylindergefässen mit Durchbohrungen, in die Korke eingesetzt werden können, erforderlich, ebenso eine Anzahl von rechteckig prismatischen oder kreisförmigen Gefäfsen (Untersätze für Blumentöpfe u. s. w.). Überhaupt gehören die Versuche in Beziehung auf Einfachheit und Billigkeit zu den Freihandversuchen, über die an anderer Stelle (Unterrichtsblätter 1896, No. 6 und 1897, No. 1) ein kurzer Überblick mit einem Beispiel gegeben ist.

Es kann nicht beabsichtigt sein, alle diese Versuche möglichst vollständig anzuführen oder ausführlich zu beschreiben, da sich nach kurzen Andeutungen für jeden,

der mit dem Gegenstande vertraut ist, die Durchführung von selbst ergiebt, ebenso wird der Einzelne noch mancherlei Versuche hinzufügen können, die ihm vielleicht zweckmäfsiger für den Unterricht an der eigenen Anstalt erscheinen werden. Gerade bei den geologischen Betrachtungen wird man auf die Umgebung Rücksicht nehmen müssen; man wird in Städten der norddeutschen Tiefebene nicht die Anschauung eines Gebirges voraussetzen können, man wird andere Erscheinungen zum Ausgangspunkte nehmen als in Thüringen oder am Rhein. In Orten des westfälischen Kohlenbeckens wird die Auswahl eine andere sein als in Schleswig-Holstein. Aber gerade auch hierdurch wirkt der Unterricht unmittelbar und knüpft ein enges Band zwischen der Kunde der Heimat, ihrer Entwicklung und Beschaffenheit und den allgemeinen Wissenschaften.

Irgend etwas Vollständiges auf diesem Gebiete geben zu wollen, ist unmöglich, dem Umfange des Stoffes nach, der Zeit nach, der Auffassungskraft der Schüler nach, und so wird das Ziel: eine systematische Vollständigkeit zu erreichen, unbeschadet, dafs ein systematischer Überblick gewissermafsen als Schlufs gegeben wird, nicht erreicht werden können.

Bei der Gruppierung der Experimente könnte man zwei Wege einschlagen. Einmal könnte man die Wissenschaften zu Grunde legen, welchen sie sich anschliefsen sollen, Physik, Chemie, Geographie, und die Teile des Unterrichtsstoffes anführen, denen die Erscheinungen anzuschliefsen wären: so die Verhältnisse der Bohrlöcher und Wasserverbreitung im Boden bei dem Gesetz der communizierenden Gefäfse, die Verwitterungserscheinungen bei dem chemischen und physikalischen Verhalten des Wassers und der Luft; die Sedimentierungserscheinungen werden in der Molekularphysik der Flüssigkeiten und der Hydrodynamik besprochen werden können, die Verwesungsprozesse, Humusbildung, Entstehung der Kohlen würden in der Chemie oder Mineralogie eine Stelle finden. Dass eine feststehend beste Norm in dieser Richtung nicht vorhanden sein kann, ist natürlich, da die Art der Betrachtung nach Person des Lehrers und den sonstigen Verhältnissen eine verschiedene sein wird.

Eine Ordnung der Experimente dem geognostischen System gemäfs ist vollständig ausgeschlossen. Das System selbst ist für die Schule zu umfangreich und für die Schüler unverständlich, so dafs die Formationslehre nicht den Ausgangspunkt für die Einteilung bilden kann.

Dafs man an einem bestimmten Orte die Erscheinungen der Umgebung als Richtschnur für die Einteilung und Auswahl der Experimente wählen wird, ist oben schon gesagt, ein Weg, der für die allgemeine Darstellung aber nicht gangbar ist. Wenn ein selbständiger Unterricht in der Geologie eingerichtet wird, und dies ist recht gut möglich, wenn in den obersten Klassen eine Stunde, die als geographische Stunde zu betrachten ist, dafür verwendet würde, so werden selbstverständlich die Experimente mit dem laufenden Unterrichte Hand in Hand gehen.

Am geeignetsten scheint es mir, die Einteilung nach den Hauptagentien, welche heute noch umgestaltend auf unserer Erde wirken, zu gruppieren und im wesentlichen der Einteilung der allgemeinen Geologie zu folgen.

Es soll die nachstehende Einteilung zu Grunde gelegt werden:

I. Experimente zur Demonstration der Erscheinungen, welche als vulkanische bezeichnet werden (geothermische Erscheinungen): heifse Quellen, Geysire, Nachbildung von Kratern, der Ringgebirge auf dem Monde, Eindringen der Wärme oder Durchdringung von Schichten durch die Wärme, Erwärmungs-

fähigkeit, Strahlung des Bodens, Abkühlung von Gesteinen und geschmolzenen Massen u. s. f.

II. Wirkungen des Wassers in den verschiedenen Aggregatzuständen als Eis und Schnee, flüssiges Wasser und Wasserdampf.

Die Wirkungen des letzteren, die wesentlich in den Verwitterungsverhältnissen bestehen, zu denen auch die Wirkung des Wassers in den beiden anderen Aggregatzuständen beiträgt, sollen einem folgenden Abschnitte überwiesen werden.

Die Gruppierung innerhalb dieses Abschnittes, der sehr verschiedenartige Erscheinungen, auch nach der Ausscheidung der Verwitterungserscheinungen umfafst, kann eine sehr mannigfaltige sein. Zunächst wird man die Experimente, welche auf mechanischer, und welche auf chemischer, physikalischer (lösender) Wirkung beruhen, trennen, und dann die Erscheinungen, welche sich aus Fortschaffung und Ablagerung des Materials erklären, zur Anschauung und zur Besprechung bringen; auch empfiehlt es sich, die Erscheinungen, welche durch das Gefrieren des Wassers und die Wirkungen von Eis und Schnee hervorgebracht werden, einer besonderen Gruppe zuzuweisen. Neben den letzteren Bildungen kommen als Beispielsversuche in Betracht: die Bildung der Schichten durch Sedimentierung, die Gesetze der Suspension und der Absetzung (Einflufs von Salzlösungen, der Bewegung des Wassers), die Verteilung des Wassers im Boden, Grundwasser, Bohrquellen, Mitteilungen über die Beobachtungen an Bohrlöchern (cf. auch Abschn. I), Schlämmen, Tropfenwirkungen im Sand etc., wobei sich überall Anknüpfungspunkte an die Technik und an Naturerscheinungen, die überall zu beobachten sind, ergeben. Auch würde die Wirkung der Quellen und der Nachweis ihrer Zusammensetzung (Versuche mit verschiedenen Mineralwässern, Chemie des Wassers) experimentell nachgewiesen werden; die Verhältnisse aufsteigender Quellen und Triebsandphänomene lassen sich ebenfalls zeigen.

III. Äolische Wirkungen. Wirkungen der Luftströmungen. Mechanische und transportierende Wirkungen. — Dünenbildungen, Wirkungen fortgetriebenen Sandes, Erscheinungen an der Küste. Suspension fester Teilchen in der Luft, Ablagerungen von Staub aus der Luft.

IV. Wirkung der Organismen. Experimentell läfst sich aus diesem Gebiete nur wenig heranziehen. Die Entstehung von kohligen Massen, lignitartiger Substanzen und Nachweise und Versuche über die Zusammensetzung verschiedener Erden und Bodensorten werden hauptsächlich in Betracht kommen.

V. Verwitterungserscheinungen und mit ihnen zusammenhängende Neubildungen. Es empfiehlt sich, aus diesen eine besondere Gruppe zu bilden, einmal weil sie so aufserordentlich zahlreich und mannigfaltig sind, dann auch, weil bei ihnen alle früheren Agentien mitwirken, Wasser und Luft, Organismen, Temperaturänderung, Änderung des Aggregatzustandes des Wassers. Hier bietet sich eine grofse Anzahl von Versuchen mit einer Fülle von Anknüpfungen: Verwitterungen von Gyps, Lösung des Calciumcarbonats, Verwitterung von natürlichen Gesteinsstücken, Wirkung eines Tropfens auf festem Gestein. Freilich macht sich gerade hier die Zeitdauer, welche für das Vorschreiten der Verwitterung erforderlich ist, geltend, aber einige natürliche Verwitterungsprozesse lassen sich künstlich sehr gut innerhalb nicht zu langer Zeiträume nachahmen. Erscheinungen, die durch Wasseraufnahme (Zerfliefsen, Verwitterung der Abraumsalze) entstehen oder durch allmähliche Oxydation, Verwittern von Markasit (FeS_2) und Verwendung von Eisenvitriol, lassen sich ganz gut zeigen. Auch die Absetzungen von gelöstem Calciumcarbonat aus

kohlensäurehaltigem Wasser können für die Erklärung der Tropfstein- und Sinterbildungen verwertet werden.

VII. Geognostische Versuche. Hierher sind diejenigen zu zählen, welche von Reyer und von anderen mit zähem Thonbrei oder ähnlichem Material angestellt wurden, um die Veränderungen, welche die Schichten durch Druck oder Schub erfahren, darzulegen. Sie dienen als Grundlagen für die Erklärung der Faltungen, Verwerfungen, Spaltenbildung (hierbei hat auch die Zusammenziehung des Materials mitgewirkt), eignen sich aber für Schulversuche nur in sehr vereinfachter Form, da sie ziemlich umständliche Vorrichtungen und Vorbereitungen verlangen. Aber abgesehen davon ist das Verständnis gerade dieser Versuche für den Schüler auch in den oberen Klassen, da ihm fast immer jede Kenntnis der Naturverhältnisse, die erklärt werden sollen, fehlt, recht schwierig. Man wird von dem complicierten Versuch Abstand nehmen und nur zeigen, dafs zwei künstlich hergestellte Schichten, wenn sie noch im zähen Zustande sind, durch Druck Verschiebung und Eindringen erfahren können. Diese „geotektonischen“ Versuche werden daher auch bei der weiteren Darlegung der Experimente fast keine Berücksichtigung finden; man vergleiche in dieser Beziehung Reyer etc.

VIII. Petrogenetische Versuche. Es ist jetzt gelungen, die meisten natürlichen Mineralien und viele Gesteine, bei denen die Herstellung der Aggregation besondere Schwierigkeit macht, künstlich herzustellen. Es ist von Wichtigkeit, dem Schüler einige Beispiele dieser Art vorzuführen, Versuche, die auch dem chemischen Unterricht angeschlossen werden können. — Es ist sowohl die Bildung der Mineralien auf nassem Wege wie die Bildung unter dem Einflufs hoher Temperaturen zu berücksichtigen. Zu den ersten Bildungen gehören die Inkrustationen, die Efflorescenzen, dendritische Bildungen, alles Gebilde, die sich leicht durch das Experiment nachahmen lassen, ebenso wie die Absetzungen und langsam verdunstenden Lösungen. Die Bildung von Mineralien durch Diffusionsprozesse erfordert viel Zeit, während die Entstehung der mit dem Mineral identischen chemischen Verbindung leicht zu erreichen ist, die Bildung von Gyps mit Schwefelsäure und bei Eindringung in gelöschten Kalk läfst sich ebenfalls zeigen.

Bei den Bildungen in höherer Temperatur sind die Sublimations-, Schmelzungs- und Krystallisationsprozesse zu berücksichtigen, von denen einige auch regelmäfsig in der Chemie gezeigt werden. Einzelne Mineralien kann man in dieser Weise auch krystallinisch oder krystallisiert erhalten; naturgemäfs bleiben diese Experimente der Chemie angeschlossen.

In einer letzten Gruppe VIII kann man schliefslich verschiedene Experimente, die zu den vorigen Gruppen in keinem direkten Zusammenhang stehen, vereinigen. Die Wirkungen der starken elektrischen Entladung lassen sich künstlich nachahmen (Beziehungen zur Schmelzung von Gesteinen durch den Blitz, Bildung der Blitzröhren), Explosionen, schlagende Wetter, Entstehung derselben, Fortpflanzung von Erschütterungen in festem Material (in der Physik meistens bei der Fortpflanzung schwingender Bewegungen nachgewiesen). Für letztere Erscheinungen, die für die Erklärung der Weiterverbreitung der Erdbebenerschütterungen von Wichtigkeit sind, läfst sich eine grofse Anzahl von Versuchen angeben. Die im festen Material sich fortpflanzende Erschütterung kann durch kleine, an den Enden des festen Körpers befindliche Pendel oder durch die Bewegung von Quecksilber oder Wasser in feststehenden Gefäfsen sichtbar gemacht werden.

Es ist selbstverständlich, dafs man nicht alle Versuche anstellen wird; eine Über-

häufung mit experimentellem Material verfehlt den Zweck; sie ist zwar nicht so nachteilig wie das fast vollständige Fehlen des Experiments, da der Schüler aus der Fülle immerhin einiges mit fortnehmen wird, während im anderen Falle der Anschauung gar nichts geboten ist. Dieser bei der Methodik des Experiments so wichtige Gesichtspunkt läfst dann die systematische Zusammenstellung als eine zur Auswahl gestellte Sammlung zweckmäfsiger Experimente erscheinen. Der Wert der systematischen Ordnung der Experimente aber liegt darin, dafs dadurch die Gesetze und die Beziehungen des Gesetzes zu anderen Erscheinungen klarer hervortreten als dies bei willkürlicher Aufzählung und Anordnung ohne Gruppierung der Fall ist. Schon der gegebene Umrifs der Experimente dürfte darthun, dafs sich diese Versuche für einen Unterrichtszweig sehr gut werden verwerten lassen, nämlich für die Exkursionen, die immer mehr ein integrierender Bestandteil unserer Unterrichtseinrichtungen werden sollten. Die unmittelbare Anschauung der in dem Unterricht erörterten und durch Versuche bewahrheiteten Verhältnisse wirkt aufserordentlich eindrucksvoll und wird den Schüler veranlassen, auch später im Freien und bei Reisen auf ähnliche Erscheinungen zu achten. Dadurch kann gerade das Reisen, das so vielfach jetzt als rein mechanische Erholungsgewohnheit auftritt, interessanter und für den Reisenden geistig fruchtbarer werden, dafs er von Jugend auf gewöhnt wird, die Natur auch in Einzelerscheinungen zu beobachten und zu vergleichen. Aber auch nach anderer Seite ist dieser Unterricht aufserordentlich förderlich. Die Erscheinungen, um die es sich hier handelt, sind von fast allen schon bemerkt, ohne dafs dieselben zum Bewufstsein oder gar in Zusammenhang gebracht sind. Die Wirkungen, die ein Regenschauer ausübt, die Gerinnsel, die sich bilden, die Vertiefungen im Erdboden, die Trübung des Wassers durch suspendierte Stoffe, die Abklärung desselben (unmittelbar durch den Versuch zu zeigen), die Beobachtungen an einem Flufslauf, diese und viele andere Erscheinungen geben uns einen Aufschlufs über die Bildungen der Erdrinde. Gerade der Umstand, dafs der Mensch nur schwer am Alltäglichen beobachten lernt, vielmehr dasselbe als etwas Gegebenes und Gleichgültiges auffafst und nur durch besondere Ereignisse zur Aufmerksamkeit veranlafst wird, erschwert es so aufserordentlich, dem realistischen Unterricht die richtige Würdigung zu geben; wenn jemand eine fremde Sprache hört, so hat er sofort das Bewufstsein, dafs er sie nicht versteht, wenn er aber eine alltägliche Erscheinung sieht, legt er sich diese Frage garnicht vor, und doch würde für den Denkprozefs eine gröfsere Förderung durch das Verstehenlernen der Thatsachen als durch die Gedächtnisauffassung des fremden Wortes erstehen; auch zum Verständnis der alltäglichen Erscheinungen bedarf es der Anleitung und naturwissenschaftlicher Kenntnisse. — Doch soll auf diese Auswertung des geologischen Unterrichts nicht näher eingegangen, sondern nur betont werden, dafs es für unsere Jugendbildung in Deutschland erforderlich ist, wenn derselbe mehr gepflegt wird. Hülfsmittel für den geologischen Unterricht sind in hinreichender Anzahl vorhanden. Sammlungen der Gesteine sind billig zu beschaffen, ebenso auch geologische Karten in verschiedenster Gröfse und Ausführung (auch in Wandkartenform); oft existieren auch für einzelne Gegenden besondere Karten. Zahlreiche Lehrbücher (Credner, Suefs, Naumann u. s. f.) geben dem Lehrer das Material, während für den Schüler die Anhaltspunkte, die in vielen geographischen Lehrbüchern enthalten sind (Seydlitz etc.), ausreichend erscheinen können. Die Bücher über physikalische Geographie (Supan) und umfassende Werke mit dem Zwecke der wissenschaftlichen Popularisierung, wie Neumayr, Erdgeschichte, geben reichlichen Stoff, auch geben die Berichte über die Fortschritte der Physik (Braunschweig bei

Vieweg & Sohn, Abschnitt kosmische Physik, Physik der Erde) ein außerordentlich reichhaltiges Material, das sich zum großen Teil für die allgemeine Geologie unterrichtlich verwerten läßt.

Von besonderen Hülfsmitteln ist unter dem Text[1]) noch eine Anzahl erwähnt, ohne dass auf weitere Analyse derselben eingegangen werden soll.

Besonders aber mag ein Hülfsmittel zur Verbreitung geologischer Kenntnisse hervorgehoben werden, das jetzt in mehreren Städten vorhanden ist, das ist der Aufbau der Erdrinde nach den verschiedenen Schichten aus natürlichem Material. So besitzt Halle im Garten des landwirtschaftlichen Instituts ein gemauertes geologisches Profil, das von Herrn v. Fritsch näher beschrieben ist; Berlin hat in der geologischen Wand im Humboldthain etwas Ähnliches aufzuweisen. Sie ist beschrieben in der Schrift: Die geologische Wand im Humboldthain zu Berlin; ein Anschauungsmittel zur Einführung in die Lehre von dem Bau und den Schätzen der Erdrinde in unserem Vaterlande von Dr. Zache (1896 mit Tafel). Ein großes Anschauungsmaterial findet sich auch in den größeren Mineralienhandlungen; das beste bleibt natürlich immer die eigene Anschauung in der Natur, das Studium der geologischen Verhältnisse bei Exkursionen, die an den verschiedenen Hochschulen veranstaltet werden, und zu denen die Lehrer der betreffenden Städte leicht Zutritt erhalten.

In dem folgenden Teil der Arbeit wird nun eine Beschreibung verschiedener Versuche aus den einzelnen Gruppen mit Hervorhebung der geologisch-technischen Beziehung in eng begrenzter Auswahl folgen.

Ein Schulversuch zur Messung der Polstärke und des magnetischen Momentes.

Von

J. Kleiber in München.

Die Mitteilung des Herrn Dr. K. Strecker im 5. Heft des IX. Jahrganges (1896) dieser Zeitschrift veranlaßt mich, eine andere Methode zur Bestimmung der Polstärke und des magnetischen Momentes nach mechanischem Maße mitzuteilen. Dieselbe erfordert nur einfache Hülfsmittel, die sich jeder mit Papier und Schere herzustellen vermag, und stützt sich nur auf das Hebelgesetz.

Im übrigen erfordert die Vorführung der Messung wenig Zeit und Vorbereitung und giebt Resultate, die für Schulversuche genau genug sind. Sollen ja solch

[1]) F. Senft: Geognostische Wanderungen in Deutschland, ein Handbuch für Naturfreunde und Reisende.

I. Bd. Deutschlands Landgebiet im allgemeinen; II. Bd., Das deutsche Tiefland und die anliegenden Inseln u. s. f.

Daubrée, Synthetische Studien zur Experimental-Geologie; deutsche Ausgabe v. Gurlt. Braunschweig, Vieweg & Sohn.

Ed. Reyer, Ursachen der Deformationen u. der Gebirgsbildung. Leipzig bei Engelmann.

Ed. Reyer, Geologische u. Geographische Experimente (Methoden u. Apparate. Vulkanische u. Masseneruptionen, i. g. 4 Hefte).

Meunier, Abhandlungen über die Bildung der Meteoriten.

Reports of the British Association 1893, Bd. 63.

J. Roth: Allgemeine u. chemische Geologie (Berlin, Hertz).

Von Tafeln mögen erwähnt werden die Abbildungen von Fraas, die Hölzel'schen geographischen Charakterbilder und die geologischen Bilder bei Fischer in Cassel, wo auch paläontologische Wandtafeln erschienen sind.

messende Schulversuche zumeist nur zeigen, daſs es geht und wie es geht; auf die Fehlerquellen, die rohen Versuchen anhaften, mag schon vom pädagogischen Standpunkte aus fürs erste nicht eingegangen werden, um die Hauptsache nicht zu verwischen. Es genügt, wenn die besseren Schüler den ungefähren Genauigkeitsgrad schätzen lernen, den man einem solchen Apparate zumuten darf. Das letztere ist aber um so leichter möglich, je durchsichtiger der Apparat ist und je mehr er sich an Bekanntes anschlieſst.

Wir wollen uns also zur Aufgabe setzen, Polstärke und magnetisches Moment etwa einer der Magnetnadeln zu bestimmen, die sich in unserer physikalischen Sammlung befinden und von der wir voraussetzen, daſs sie sich frei auf einer Spitze bewegen könne.

Zu dem Ende construieren wir uns den in Fig. 1 abgebildeten Hülfsapparat *X*. Derselbe besteht aus einer Gradscheibe 𝔖 und einem Pendel 𝔓.

Die Scheibe 𝔖 schneiden wir aus einem Stück Pappendeckel, den uns irgend eine Schachtel liefert. Darauf kleben wir einen aus Papier geschnittenen Skalenring, auf dem wir unschwer eine Einteilung von 5° zu 5° anzubringen vermögen.

Diese Scheibe 𝔖 befestigen wir mit zwei Stückchen Wachs *w*, *w* an einem Stäbchen *st*, das, lotrecht verschiebbar, an einem Ständer befestigt wird. Durch den Mittelpunkt der Scheibe 𝔖 stecken wir eine Nähnadel *Na* so, daſs sie zur Hälfte je vor und hinter der Scheibe hervorragt.

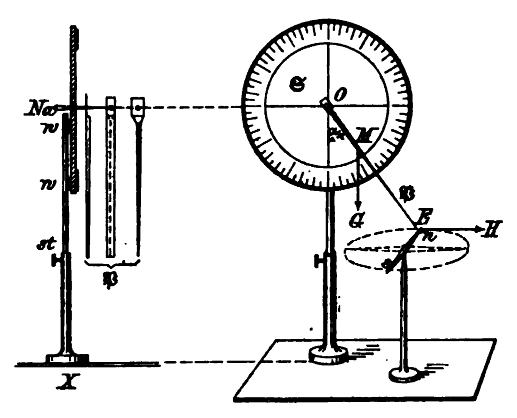


Fig. 1.

Das Pendel 𝔓 fertigen wir aus einem etwa 8 bis 12 cm langen, 2 bis 3 mm breiten Streifen leichten, doch steifen Papiers (z. B. recht dünnem Schreibpapier); diesen knicken wir der Länge nach ein und falten ihn mit Ausnahme des oberen Endes, um ihm Steifheit zu verleihen. In das obere Ende bohren wir mit einer Stecknadel, die etwas dicker ist als die Nähnadel *Na* ein Loch, so groſs, daſs das an die Nähnadel gehängte Pendel fast ohne Reibung beweglich ist. Man bringt es unschwer dahin, daſs die Reibung die Stellung von 𝔓 kaum um $1/2°$ beeinfluſst. Bei stärkeren Magneten kann man wohl auch das Pendel aus dünnem Metalldraht herstellen, den man jedoch vorher durch Anhängen an die Achse einer bewegten Centrifugalmaschine oder eines Motors drillt, um ihm Steifheit zu geben.

Beim Gebrauch stellt man den Apparat neben die zu untersuchende Magnetnadel *ns* so, daſs die Scheibe 𝔖 parallel zu dieser ist und natürlich vertikal steht. Nun dreht man etwa den Nordpol so weit zurück, daſs die Magnetnadel um 90° (cirka) gedreht erscheint, und legt zur Hemmung das Pendel 𝔓 auf. Die Stellung der Scheibe wird schlieſslich so reguliert, daſs das Ende von 𝔓 auf dem Ende *n* der Magnetnadel liegt. Doch bezweckt dies nur eine Vereinfachunng der folgenden Rechnung; 𝔓 und *ns* könnten sich auch an beliebiger Stelle überkreuzen, dann wären allerdings noch diese Überkreuzungsstellen auf 𝔓 wie auf *ns* zu bestimmen.

Ist nun *H* die erdmagnetische Horizontalcomponente (allgemein die *H* einer resultierenden Feldstärke), *G* das Gewicht des Pendels, *M* der Schwerpunkt des Pendels, dessen Entfernung von *O* man leicht durch Auflegen des abgenommenen

Pendels auf die Schneide eines Federmessers bestimmt, ferner $OM = l_1$, $OE = l_2$ und die Ablenkung des Pendels von der Vertikalen α, so ist

$$H \cdot l_2 \cos \alpha = G \cdot l_1 \cdot \sin \alpha,$$

folglich

$$H = G \cdot \frac{l_1}{l_2} \operatorname{tg} \alpha$$

oder, wenn man den Coefficienten von $\operatorname{tg} \alpha$ gleich c setzt:

$$H = c \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

Soll Trigonometrie noch nicht vorausgesetzt werden, so benutzt man statt der Gradscheibe $\mathfrak{S}$ eine rechteckige, die mit Millimeterpapier bezogen ist, und dann direkt die Hebelarme von G und H abzulesen gestattet.

H trifft nun auf beide Pole, die Polstärke von n ist also bestimmbar, wenn derjenige Teil von $^1/_2 H$ bekannt ist, der pro Einheitspol trifft. Man läfst hier am besten $^1/_5$ Krafteinheit (*K.E.*) merken, damit dieser Teil der Aufgabe als Kopfrechnung erledigt werden kann.

Das magnetische Moment der Nadel ist das doppelte Produkt aus der Polstärke in die nach cm zu messende halbe Magnetnadellänge L.

So ergaben wiederholte Versuche für ein Paar nach dieser Methode untersuchter Magnetnadeln in runden Zahlen folgende Werte.

$$\text{Pendel: } \left.\begin{aligned} G &= 25 \text{ K.E.} \\ l_1 &= 5{,}1 \text{ cm} \\ l_2 &= 11{,}5 \text{ cm} \end{aligned}\right\} \text{ hieraus } c = 11{,}08.$$

	$\alpha =$	$^1/_2 L =$	$H =$	Polstärke	Magn. Moment
Nadel I	12°	9,4 cm	2,83 *K.E.*	7,1	133
Nadel II	24°	4,5 cm	4,93 *K.E.*	12,3	111

Setzt man voraus, dafs G auf $^1/_2$ *K.E.* genau gewogen werden kann, d. h. in unserem Falle bis auf 2% genau, setzt man ferner voraus, dafs die Ungenauigkeit in der Ablesung von α bis 1° ansteigt, was schlimmstenfalls bei Nadel II einen Fehler von 2% in $\operatorname{tg} \alpha$ nach sich zieht, und bedenkt, dafs auch der Wert der erdmagnetischen Feldstärke, die mit $^1/_5$ *K.E.* angesetzt ist, eine Abweichung von 2% bedingt, so übersieht man leicht, dafs hier der Maximalfehler 6% des Resultates betragen kann. Für stärkere Magnetnadeln wird der Fehler erheblich geringer, da man dann auch längere Pendel benutzen wird, die eine genauere Winkelablesung gestatten. Solche hätte man eigentlich auch schon oben anwenden können, unter Beobachtung des Kunstgriffes, sie, statt am Ende, nahe ihrem Schwerpunkt M aufzuhängen. Doch soll, um den Grundgedanken der Methode nicht zu verwischen, auf diese Dinge nicht näher eingegangen werden, die sich ja wohl jeder, der sich mit der vorgeführten Methode praktisch beschäftigen will, selbst am besten zurechtlegen mag.

Da es aus verschiedenen Gründen kaum angeht, die Wägung des Pendels $\mathfrak{P}$ auf einer Präzisionswage vor einem gröfseren Kreis von Schülern vorzuführen, so thut man gut, sich selbst eine Wage W (Fig. 2) herzustellen oder nach gegebener Vorschrift von einem Schüler herstellen zu lassen, welche nicht nur gestattet, die richtige Vorstellung von der Kleinheit der *K.E.* anzubahnen (was ja durch die zahlenmäfsige Mitteilung *K.E.* $= \frac{1}{981}$ Gramm allein nicht geschehen kann), sondern auch Wägungen mit diesen kleinen Gröfsen mit grofser Bequemlichkeit auszuführen erlaubt.

Man schneide sich hierzu, wie Fig. 2 zeigt, aus Karton (z. B. einer Postkarte) einen Wagebalken von etwa 14 cm Länge heraus. Dabei achte man darauf, dafs die äufseren „Schneiden“ mit dem vorgebohrten Unterstützungspunkt *O* in einer Geraden liegen und von *O* gleichweit abstehen. Man versieht, wenn nötig, diesen Wagebalken mit einem hierzu senkrechten Zeiger aus einem leichten Streifchen Papier, das wie das Pendel 𝔓 gefaltet wird, setzt schliefslich den Wagebalken an Stelle des Pendels 𝔓 an die Nadel *Na* der Gradscheibe und hilft mit der Schere so lange nach, bis der Wagebalken in der Horizontalen zur Ruhe kommt.

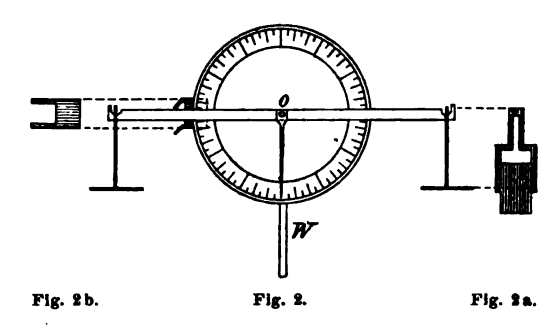


Fig. 2b. Fig. 2. Fig. 2a.

Da es bei dieser Wage vor allem darauf ankommt, dafs dieselbe recht leicht sei, so schneide man sich auch die beiden Wagschalen in der durch nebenstehende Figur 2a angedeuteten Weise aus einem Stück Papier aus. Desgleichen eine Arretierung nach Figur 2b, die dann mit Wachs an die Gradscheibe zu kleben ist.

Neben die so construierte Wage stelle man nun eine gewöhnliche, auf welcher man zunächst ein quadratisches Papierstück, von 10 cm Kantenlänge (auf dem die 100 qcm verzeichnet sind) sowie etwa 10 m recht dünnen Fadens (sog. Heftfaden) vorwiegt. Man findet hierbei vielleicht, dafs

$$1 \text{ qcm Papier} = 10\ K.E.,$$
$$3 \text{ cm Faden} \equiv 1\ K.E.$$

ist und hat hierdurch einen Gewichtssatz für die Wage *W* gewonnen, mit dem dann leicht das Gewicht 𝔓 ermittelt werden kann. Dabei ist es leicht möglich, die Wage *W* so empfindlich zu machen, dafs sie schon auf 1 cm des oben benutzten Fadens einen Ausschlag giebt.

Ein leicht herstellbares und bequemes Knallgas-Voltameter.

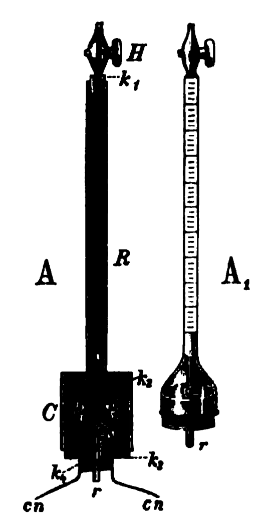
Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Alle mir zu Gesicht gekommenen Knallgas-Voltameter (und erst recht die Wasserstoff-Voltameter) haben den Fehler, dafs die Elektroden zu weit von einander abstehen, wodurch unnützer Weise eine längere Flüssigkeitsschicht, also ein grofser Widerstand eingeschaltet wird. Daher ist auch die entwickelte Knallgasmenge, z. B. bei Anwendung zweier Tauchelemente sehr gering. Auch ist die Handhabung nicht bequem, indem leicht die angesäuerte Flüssigkeit verschüttet wird.

Der im nachstehenden beschriebene Apparat ist viel billiger, als die gebräuchlichen Knallgas-Voltameter, läfst sich in wenigen Minuten füllen und entleeren, bietet dem Strom einen geringen Widerstand und gestattet, das Knallgas unter dem herrschenden Atmosphärendruck abzulesen.

Eine starke Barometerröhre R (innerer Durchmesser ca. 15 mm) von 25 cm Länge ist am oberen Ende mit einem durchbohrten Korken (K_1) versehen, der vor dem Gebrauch in siedendes Paraffin getaucht worden. In diesen ist ein Hartgummihahn (H) luftdicht eingeschoben. (Ein Glashahn hat den Vorzug, dafs man die Flüssigkeitssäule beim Füllen aufsteigen sieht, ist aber etwa 4—5mal teurer.) Das untere Ende des Rohres ist luftdicht in den auch mit Paraffin getränkten Kork (K_2) gesteckt, der unten trichterförmig ausgehöhlt und schon vorher in den kurzen Glascylinder (G) eingeschoben und durch vorsichtiges Erwärmen des Glases — wobei das Paraffin am inneren Rande zum Schmelzen gebracht wird — befestigt ist. Das freie Ende des Glascylinders wird mit dem paraffinierten Korken (K_3) oder, besser, mit einem Gummipfropfen geschlossen. Dieser Pfropfen hat 3 Durchbohrungen, die eine für das Glasröhrchen (r) und 2 engere für die Elektrodendrähte (Cu).



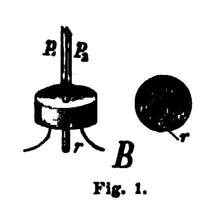


Fig. 1.

Die Elektroden bestehen aus schmalen Platinstreifen (30 × 3 mm) von genügender Dicke (0,4 mm), um steif genug zu sein, was durchaus erforderlich ist. An die Platinstreifen sind starke Kupferdrähte (Cu) von 0,7 mm Dicke mit reinem Zinn gelötet. Die anfangs graden Drähte werden von der inneren Seite durch den Pfropf geführt und unterhalb der Lötstelle so gebogen, dafs die Platinstreifen einander parallel, nur 1,5—2 mm von einander entfernt, beim Einsetzen des Pfropfes in die Röhre (R) etwas hineinragen ($p_1 p_2$ Fig. 1) und die Lötstellen nach aussen zu stehen kommen. Um die Lage der etwas steifen Drähte zu fixieren, wird unterhalb der Lötestelle um beide Drähte ein starker Seidenfaden in Form einer ∞ mehrfach herumgeschlungen und festgebunden. Nachdem man sich von der richtigen Stellung der Elektroden überzeugt hat, schiebt man von der äufseren Seite des Korkes K_3 eine kleine Korkplatte (K_4 Fig. 1), die an den beiden Seiten mit einer Rinne versehen ist, zwischen die Kupferdrähte und umwickelt sie mit einem Seidenfaden recht fest. Nun werden die Lötstelle, die anliegenden Kupferdrähte, die Seidenfäden und die Korkplatte (K_4) mit Asphaltlack bestrichen, wodurch auch etwaige kleine Lücken zwischen Draht und Kork wasserdicht geschlossen werden.

Die Kalibrierung geschieht am bequemsten, bevor die Röhre in den Kork (K_2) geschoben ist. Man beklebt die Röhre der Länge nach mit einem Streifen von quadriertem Millimeter-Pauspapier (No. 320 von Schleicher & Schüll in Düren, Rhpr.) von 10 mm Breite, befestigt die Röhre in vertikaler Stellung (mit dem geschlossenen Hahn H nach unten), giefst zunächst etwas Wasser (2—3 ccm) hinein und markiert den Stand des Wasserspiegels mit einer weichen Bleifeder. Nun füllt man 10, 20, 30 ... g Wasser zu und markiert das Niveau. Die Zwischenräume zwischen je zwei Strichen teilt man in die passende Anzahl Teile (man kann die Röhre nach ganzen oder nach fünfteln ccm graduieren). Die Striche und Ziffern überzieht man mit Tusche und überzieht das Papier nach dem völligen Trocknen der Schrift mit geschmolzenem Paraffin oder mit Copal- oder Bernsteinlack, der aber 3—4 Tage trocknen mufs, ehe man die Röhre anfassen darf. Unterdessen ist auch der Asphaltlack der Elektrodendrähte genügend trocken geworden.

Die fertige Röhre wird vermittelst der Klemme Q (Fig. 2) an dem Holzständer S befestigt. Auf das Röhrchen (r) wird ein Gummischlauch (g) geschoben, der mit dem Trichter (T) verbunden ist, der in einem in verschiedener Höhe einstellbaren Haken (P) ruht. Der Haken ist einem Ringe vorzuziehen, da man den gefüllten Trichter nach Bedarf abheben oder einstellen kann.

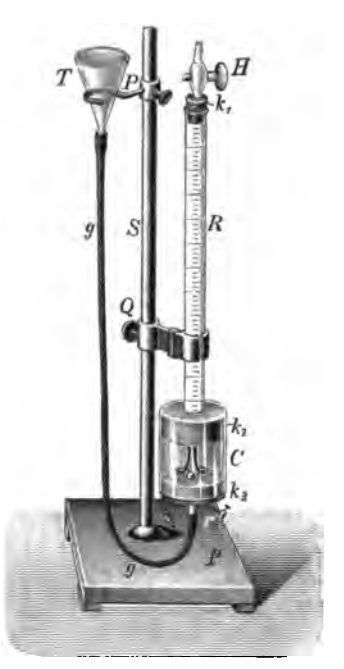


Fig. 2.

Beim Füllen der Röhre hat man nur darauf zu achten, dafs anfangs das Niveau im Trichter nicht höher sein darf als der Kork K_1. Ist die Flüssigkeit nach dem Öffnen des Hahnes gestiegen, wird der Trichter langsam um 3—4 cm gehoben, damit das angesäuerte Wasser bis über die Verdickung des Hahnes steigt (was bei einem gläsernen Hahn direkt beobachtet werden kann). Dann wird der Hahn geschlossen und der Trichter in den Haken zurückgestellt.

Beim Gebrauch läfst man den Strom erst 1 Minute hindurchgehen und füllt die Röhre in obiger Weise nach. Dann schliefst man wieder den Strom, bis der Wasserspiegel genau bis zum ersten Teilstrich (Null) gesunken ist. Nun ist der Apparat für einen quantitativen Versuch fertig. Ist die erforderliche Menge Knallgas entwickelt, so unterbricht man den Strom und stellt den Trichter — dicht neben der Röhre (R) — so ein, dafs die Wasserspiegel in beiden Schenkeln gleich hoch sind, dann steht das Gas unter dem herrschenden Atmosphärendruck. Beim Nullpunkt dieselbe Vorsicht anzuwenden, ist bei Schulversuchen kaum erforderlich; auch wird man wohl ohnedies die Correktur wegen der Temperatur und des beigemengten Wasserdampfes übergehen.

Der Apparat arbeitet sehr rasch. Während ich mit zwei hintereinander geschalteten Tauchelementen an einem alten Trichterapparat mit einem einzigen aufgestülpten Cylinder (Elektrodenabstand = 15 mm) nur 1,1 ccm Knallgas per Minute erhielt, gab der beschriebene unmittelbar darauf 9—10 ccm in derselben Zeit und bei Anwendung zweier grofser mit frischer Chromnatrium-Lösung gefüllter Chromsäure-Elemente 27 ccm per Minute.

Will man den Apparat eleganter haben, so kann man die Röhre mit dem Hahn aus einem Stück herstellen und mit einer Kalibrierung nach fünfteln oder zehnteln ccm versehen lassen (vergl. A_1 Fig. 1). In einer solchen Ausführung wird der Apparat von Max Kohl und von G. Lorenz in Chemnitz, Ferd. Ernecke in Berlin, E. Leybolds Nachfolger in Köln a./Rh., O. Richter und Rüting in Petersburg geliefert.

Das absolute Mafssystem[1]).

Von

Prof. Dr. O. Lehmann in Karlsruhe.

Je weiter Wissenschaft und Technik voranschreiten, um so mehr macht sich der Mangel eines präcisen, für alle Orte gleichen, einheitlichen und praktischen Mafssystems geltend.

[1]) Vom Verfasser durchgesehener Auszug aus einem im naturwissenschaftlichen Verein zu Karlsruhe am 4. Dez. 1896 gehaltenen Vortrage, der vollständig in der Badischen Landeszeitung vom 22. bis 25. Dez. 1896 (No. 202 — 205) veröffentlicht ist. Die in [ ] gesetzten Stellen sind nachträgliche Zusätze des Verfassers.

Trotz aller Bemühungen, zu einem solchen zu gelangen, herrscht heute leider eine solche Mannigfaltigkeit und Verwirrung in den Mafseinheiten, dafs wir alle Ursache hätten, unsere Vorfahren in der ältesten Periode der Geschichte, im zweiten und dritten Jahrtausend vor Christi Geburt, um ihr wohlgeordnetes, damals in der ganzen bekannten Welt angenommenes Mafssystem zu beneiden*).

Bei der Festsetzung des metrischen Mafssystems durch die französische Republik war als die Hauptsache in den Vordergrund gestellt worden, dafs die neuen Mafseinheiten, im Falle die Urmafse etwa durch Brand des Aufbewahrungsgebäudes oder auf andere Weise verloren gehen sollten, jederzeit mit voller Genauigkeit reproduzierbar sein müfsten. Huygens hatte bereits früher (1664) aus diesem Grunde als Längeneinheit die Länge des Sekundenpendels vorgeschlagen, der Astronom Mouton in Lyon 1670 einen bestimmten Bruchteil des Erdumfanges. Man entschied sich für den letzteren Vorschlag, da derselbe eine genauere Feststellung ermöglichte, und gab dem 40millionsten Teil des Erdmeridians den Namen 1 *Meter*. Nach dem Vorgange der Alten wurde hieraus die Gewichtseinheit abgeleitet. Das Gewicht des in einem würfelförmigen Gefäfs von 0,1 m Seitenlänge bei + 4° Celsius enthaltenen Wassers sollte unter der Bezeichnung *Kilogramm* als Gewichtseinheit dienen. Als Zeiteinheit wurde die schon im Altertum eingeführte mittlere *Sonnenzeitsekunde*, welche 1,0027379 mal so grofs ist als die in der Astronomie gebräuchliche von der scheinbaren Umlaufszeit der Fixsterne abgeleitete „Sternzeitsekunde“, beibehalten.

Diesen Definitionen gemäfs, wurde von der beauftragten Commission im Jahre 1799 der Akademie der Wissenschaften ein Platinstab übergeben, welcher bei der Temperatur 0° nach den Messungen und Rechnungen der Commission genau die Länge eines Meters haben mufste, und aufserdem ein Platinblock von cylindrischer Form, welcher das Gewicht eines Kilogrammes darstellen sollte. Diese neuen Urmafse wurden dem Staatsarchiv zur Aufbewahrung übergeben und heifsen deshalb „Archivmeter“ und „Archivkilogramm“. Da indessen die ausgeführten Messungen keine absolute Genauigkeit beanspruchen konnten, so sah man sich bald genötigt, unter Verzicht auf die ursprünglich beabsichtigte Reproduzierbarkeit der Mafse, die ja auch wegen der durch die Abkühlung der Erde bedingten Veränderlichkeit des Erdumfangs keine absolut vollkommene sein konnte, die Definitionen zu ändern und einfach das Archivmeter und das Archivkilogramm als Einheiten der Länge bezw. des Gewichts festzusetzen. Mit dieser Abänderung ist das metrische Mafssystem bekanntlich bald nach dem französischen Kriege auch in Deutschland eingeführt worden. Nun ist aber leider von seiten der französischen Commission bei Abfassung der Definitionen ein sehr schlimmer Fehler begangen worden, der auch Eingang in unsere gesetzlichen Vorschriften gefunden hat. Gemäfs der Festsetzung der französischen Commission ist in Artikel 1 des Reichsgesetzes vom 11. Juli 1884 angeordnet:

„Das Gewicht des in einem Würfel von einem Zehntel des Meter Seitenlänge enthaltenen destillierten Wassers im luftleeren Raum und bei der Temperatur + 4° des hundertteiligen Thermometers bildet die Einheit des Gewichts und heifst das Kilogramm.“

Hier ist augenscheinlich „Gewicht“ gleichbedeutend mit „Masse“ gebraucht[2]). Masse (oder „Gröfse der Materie“) und Gewicht können aber niemals einander gleich sein, welche Einheiten man auch dafür wählen mag, denn das eine ist eine constante, das andere eine mit dem Orte, wo man sich befindet, veränderliche Gröfse. Weinstein (Physikalische Mafsbestimmungen Bd. II, S. 25) ist der Ansicht, die französische Commission habe den Unterschied zwischen Masse und Gewicht gekannt, sie habe aber absichtlich die Definition so gefafst, um zu bewirken, dafs allmählich der Begriff Masse durch das Wort Gewicht bezeichnet werde, in dem Sinne wie es seit Alters her bei den Kaufleuten gebräuchlich war. Diese

---

*) Hier folgten Darlegungen über die Mafseinheiten im Altertum und Mittelalter.

[2]) Nach dem Reichsgesetz (Reichsgesetzblatt No. 15, S. 151, vom 26. April 1893) ist die Masse eines Kilogrammstücks die Einheit des Gewichts. Vgl. auch Barcynski, Die Mafs- und Gewichtsordnung für das Deutsche Reich (Magdeburg, 1893).

Absicht mufs, wenn sie bestanden hat, als mifslungen bezeichnet werden[3]). [Hätte man auch nur hinter das Wort „Gewicht" in der Definition des Kilogramms in Parenthese gesetzt „d. h. Masse", so wäre jeder, sonst bei der Zweideutigkeit des Wortes unvermeidliche Irrtum ausgeschlossen gewesen und die Ingenieure hätten sich veranlafst gesehen, eine andere bessere Einheit zur Messung der Kräfte zu suchen, sodafs die unzähligen Mifsverständnisse und Mifsstände, welche durch jene Auslassung hervorgerufen worden sind, nicht hätten aufkommen können.] In sämtlichen neueren Lehrbüchern der Physik und der Ingenieurwissenschaften wird ausdrücklich unterschieden zwischen Kilogrammgewicht und Kilogrammmasse und unter Gewicht der Druck verstanden. Aus diesem Grunde erscheint es heute ganz unzulässig und undurchführbar, bei physikalischen und technischen Messungen und Rechnungen mit dem Worte Gewicht die Masse zu bezeichnen, wir müssen also der ersten gesetzlichen Bestimmung gemäfs das Kilogramm als die Einheit der Kraft, nicht der Masse, betrachten.

Natürlich ist das Kilogramm keine zweckmäfsige Krafteinheit; sein Wert ändert sich proportional zur Fallbeschleunigung von Ort zu Ort und deshalb sind auch die Resultate der Materialprüfungen an verschiedenen Orten verschieden. Beispielsweise wäre der Elasticitätsmodul einer gewissen Sorte Stahl am 45. Breitegrade = 21 000, in Karlsruhe = 20 994, in Petersburg = 20 973, in Madrid = 21 012; die Festigkeit einer gewissen Sorte Stahl wäre am 45. Breitegrade = 70,00, in Karlsruhe = 69,98, in Petersburg = 69 91, in Madrid = 70,04; die Masse eines 50 kg schweren Stahlblocks von bestimmter Qualität wäre am 45. Breitegrade = 5,0988, in Karlsruhe = 5,0975, in Petersburg = 5,0924, in Madrid = 5,1017.

In gleicher Weise sind auch die abgeleiteten Einheiten für die Arbeit und den Effekt, das Kilogrammmeter und die Pferdekraft, veränderlich, und man müfste also eigentlich bei derartigen Angaben immer beifügen, für welchen Ort die Zahlenangabe gemeint ist. Beispielsweise wäre die Leistung einer Dampfmaschine, welche in 45 Grad geographischer Breite zu 21 000 Pferdestärken bestimmt wurde, in Karlsruhe = 20 994, in Petersburg = 20 973, in Madrid = 21 012 Pferdekräfte.

Infolge der Definition des Kilogramms als Einheit des Gewichts hat man also mit einer unendlich grofsen Zahl von Einheiten zu rechnen, weil das Kilogrammgewicht und sämtliche davon abgeleitete Einheiten für jeden Punkt der Erdoberfläche und für jede Höhe über einem solchen Punkt andere sind. Wenn trotz dieses anscheinend unerträglichen Mifsstandes die Ingenieure sich mit den genannten Einheiten begnügten und kein neues besseres Mafssystem einzuführen versuchten, so liegt dies darin begründet, dafs die Unsicherheit technischer Messungen an sich so grofs ist, dafs die infolge der Unbestimmtheit der Mafseinheiten möglichen Fehler dagegen in den meisten Fällen vollkommen verschwinden. Unabweisbar wurde aber eine Änderung, die Einführung eines absoluten, d. h. nicht vom Orte abhängigen Mafssystems, als auch die elektrischen Erscheinungen praktische Verwertung fanden und damit die Notwendigkeit hervortrat, auch zur Messung magnetischer und elektrischer Gröfsen bestimmte scharf definierte Einheiten festzusetzen.

Die erste praktische Anwendung der Elektrizität war die Erfindung des elektrischen Telegraphen im physikalischen Institut der Universität Göttingen durch die gemeinsame Arbeit von Gaufs und Weber 1833. Da hierbei Magnetnadeln benutzt wurden, welche

[3]) Hier folgte die nähere Begründung, weshalb diese Umänderung der Bedeutung des Wortes „Gewicht" nicht gelingen konnte. In den damaligen Lehrbüchern der Physik wurde (ebenso wie heute) Gewicht als der Druck auf die Unterlage definiert, während die Masse als „Gröfse der Materie" bezeichnet wurde. Um dieselbe Zeit war die Dampfmaschine soweit vervollkommnet worden, dafs sie praktisch verwendbar wurde, und damit die Maschinentechnik und Ingenieurwissenschaft geschaffen. Die Ingenieure hielten sich naturgemäfs an die Definitionen, welche sie in den Lehrbüchern der Physik vorfanden. Die Ingenieure, nicht die Kaufleute, sind es aber, welche ein physikalisches Mafssystem gebrauchen, und deshalb wurden nothwendiger Weise die von ihnen adoptierten Einheiten für die Folgezeit mafsgebend.

durch den elektrischen Strom abgelenkt wurden, war es vor allem nötig, ein Mafs für die Stärke der Magnetpole und für die ablenkende Kraft des Erdmagnetismus zu finden.

Noch im Jahre 1833 löste Gaufs diese Aufgabe und seine diesbezügliche Schrift: „Intensitas vis magneticae ad mensuram absolutam revocata“, enthält bereits die Grundlagen unseres heutigen absoluten elektrischen Mafssystems. Weiter ausgebildet wurde dasselbe von Wilh. Weber, welcher 1852 eine zweite, ebenso fundamentale Schrift „die elektrodynamischen Mafsbestimmungen“ veröffentlichte.

Es war für die magnetischen und elektrischen Messungen, welche einen hohen Grad von Präcision erfordern und auch zulassen, durchaus unthunlich, das veränderliche Kilogramm als Krafteinheit beizubehalten. Gaufs kehrte daher zu der ursprünglich beabsichtigten, aber nicht ausgesprochenen Festsetzung der Pariser Commission, welcher zufolge das Kilogramm nicht eine Gewicht-, sondern eine Masseneinheit sein sollte, zurück. Nach dem Satze, dafs eine Kraft gleich dem Produkt der in Bewegung gesetzten Masse mit der erzielten Beschleunigung ist, mufs hiernach das Gewicht eines Kilogrammstückes $= g$ sein. Die absolute Einheit der Kraft müfste also z. B. in Karlsruhe das Gewicht einer Masse von 1/9,8092 Kilogramm sein.

Gaufs wählte nun nicht das Kilogramm als Einheit der Masse, sondern das Milligramm und als Einheit der Länge nicht das Meter, sondern das Millimeter. Später hat man auch diese Wahl unbequem gefunden und als Einheit der Länge das Centimeter, als Einheit der Masse das Gramm festgesetzt. Als Einheit der Zeit wurde die Sekunde beibehalten. Da nun in Karlsruhe das Gewicht eines Gramms $= 980{,}92$ sein mufs, weil $g = 980{,}92$ Centimeter pro Sekunde beträgt, so ist die Krafteinheit (Dyne) dieses sog. Centimeter-Gramm-Sekundensystems der 980,92ste Teil des Gewichtes eines Grammstückes in Karlsruhe, also ungefähr das Gewicht eines Milligramms. Das Gewicht eines Kilogrammstückes in Karlsruhe wäre beispielsweise 980 920 Dynen, in Madrid 980 060 Dynen, in Petersburg 981 850 Dynen.

Die Definition der absoluten magnetischen Einheit ergiebt sich hieraus ganz von selbst: „Ein Magnetpol hat die absolute Stärke 1, wenn er einen gleichstarken Pol in 1 cm Entfernung anzieht oder abstösst mit der Kraft 1 Dyne.“

Mit der Ausbildung der Telegraphie und der Anlegung unterseeischer Kabel war es unbedingt notwendig geworden, über die Eigenschaften solcher Kabel genaue messende Versuche auszuführen und Einheiten für Widerstand, Kapazität u. s. w. festzusetzen, welche die Ausführung derartiger Messungen ermöglichten. Zuerst hat sich der Professor der Physik an der Universität Glasgow, Sir W. Thomson (jetzt Lord Kelvin), eingehend mit der Ausbildung dieser Messmethoden beschäftigt und das von Gaufs und Weber begründete absolute magnetische Mafssystem auch für diese Zwecke weiter zu verwerten gesucht. Auf seine Anregung hin wurde später im Jahre 1861 seitens der „British Association“ ein Comitee zur definitiven Feststellung der elektrischen Mafseinheiten eingesetzt, dessen thätigste Mitglieder Charles Bright und Latimer Clark noch im gleichen Jahre mit Vorschlägen hervortraten, welche bald in weiteren Kreisen Anklang fanden.

In ähnlicher Weise wie sich die Einheit der magnetischen Polstärke aus der Kraftwirkung zwischen zwei Magnetpolen ergiebt, ergiebt sich die Einheit der elektrischen Stromstärke aus der Kraftwirkung zwischen einem Magnetpol und einem elektrischen Strom, welche bereits im Jahre 1820 von Ampère und später von Biot und Savart sehr eingehend untersucht worden war. Man hätte nun ebenso wie für die Magnetpole unter Zugrundelegung von Centimeter, Gramm und Sekunde als Fundamentaleinheiten eine sog. Centimeter-Gramm-Sekunden- oder CGS-Einheit der Stromstärke festsetzen können. Dies geschah aber nicht, vielmehr wählte man aus praktischen Gründen eine absolute Einheit, welche sich auf folgende Grundeinheiten stützte: Längeneinheit 10000000 Meter (Erdquadrant), Masseneinheit 10 Billiontel Gramm, Zeiteinheit mittlere Sonnensekunde. Die so festgesetzte Einheit der Stromstärke wurde zu Ehren von Wilhelm Weber 1 Weber genannt.

Nach gleichen Grundsätzen wurde eine Einheit der Spannung, das Volt, eine Einheit des Widerstandes, das Ohm, und eine Einheit der Elektrizitätsmenge, das Farad, vor-

geschlagen. Den gewählten Grundeinheiten entsprechend wird dieses Maſssystem als das Hebdomometer-Undecimogramm-Sekundensystem oder HUS-System bezeichnet. In den Jahren 1870 und 71 wurde dieses neue System in England und Amerika eingeführt. In Deutschland und Frankreich, wo zu dieser Zeit Kriegszustand herrschte, wurde es kaum beachtet.

Da trat nun fast plötzlich abermals ein mächtiges Bedürfnis nach scharf definierten absoluten magnetischen und elektrischen Einheiten auf, weil inzwischen die elektrischen Erscheinungen nach anderer Richtung hin eine eminent wichtige, praktische Verwertung gefunden hatten. Bald nach Entdeckung der Magnetinduktion durch Faraday im Jahre 1831 entstanden unzählige Construktionen von magnetoelektrischen Maschinen. Der Wirkungsgrad dieser Maschinen war zunächst ein sehr geringer. Erst nachdem Werner Siemens das sog. Dynamoprinzip auf die magnetoelektrischen Maschinen angewendet und Gramme 1871 die erste praktisch brauchbare Dynamomaschine construiert hatte, war eine Aussicht eröffnet, elektrische Ströme mittels magnetoelektrischer Maschinen in beliebiger Stärke relativ sehr billig erzeugen und damit unzählige Bedürfnisse der Technik und Industrie und des täglichen Haushalts befriedigen zu können. Enorme Kapitalien wurden der nun rasch aufblühenden Elektrotechnik zur Verfügung gestellt und vor allem muſste jetzt ein Maſssystem geschaffen werden, welches ermöglichte, mit jeder wünschenswerten Genauigkeit die für die Elektrotechnik nötigen Rohmaterialien zu prüfen und die Leistungsfähigkeit der fertigen Erzeugnisse zuverlässig zu beurteilen.

Gelegentlich der im Jahre 1881 in Paris abgehaltenen elektrotechnischen Ausstellung trat deshalb ein internationaler Congress der Elektrotechniker zusammen, welcher sich sehr eingehend mit dieser Frage befaſste und schlieſslich mit einigen Modifikationen das von der Commission der British Association ausgearbeitete Maſssystem acceptierte. Die HUS-Einheit der Stromstärke wurde nicht mehr Weber, sondern 1 Ampère genannt, die HUS-Einheit der Elektrizitätsmenge, d. h. diejenige Menge positiver Elektrizität, welche pro Sekunde durch jeden Querschnitt einer Stromleitung flieſst, in welcher die Stromstärke 1 Ampère herrscht, nannte man 1 Coulomb. Als Farad wurde die HUS-Einheit der Kapazität bezeichnet, als ein Volt die HUS-Einheit der Spannung und als 1 Ohm die HUS-Einheit des Widerstandes. Zu diesen Einheiten trat dann später noch die von William Siemens vorgeschlagene Effekteinheit, das Watt, welches der gte (d. h. für Karlsruhe der 9,8092.) Teil eines Kilogrammmeters ist.

Leider zeigte sich auch bei diesen Festsetzungen die gleiche Schwierigkeit, welche bei den Versuchen der französischen Commission zur Aufstellung einer reproduzierbaren Längeneinheit aufgetreten war. Man erkannte bald, daſs das von der British Association aufgestellte Ohm bezw. Volt, welche deshalb als „British Association-Ohm“ bezw. -Volt“ bezeichnet werden, nicht genau mit dem wahren absoluten Ohm bezw. Volt übereinstimmen. Die Abweichung war sogar so groſs, daſs man diese Einheiten, um nicht immerfort Correktionsfaktoren in die Formeln einführen zu müssen, nicht beibehalten konnte und sich genötigt sah, sie durch andere Näherungswerte zu ersetzen, deren Abweichung von den nicht mit vollkommener Genauigkeit bestimmbaren absoluten Einheiten so gering ist, daſs sie wenigstens bei den rein praktischen Rechnungen vernachlässigt werden kann. Diese Einheiten werden als legales Ohm bezw. Volt bezeichnet. Die Länge einer Quecksilbersäule von 1 qmm Querschnitt, deren Widerstand ein absolutes Ohm ist, beträgt nach den genauesten Messungen 106,3 cm. Der Widerstand würde dagegen ein legales Ohm betragen bei der Länge 106 cm und ein British-Association-Ohm bei der Länge 104,92 cm.

Für den Magnetismus wurde aus praktischen Gründen keine HUS-Einheit festgesetzt, sondern die CGS-Einheit ohne besondere Benennung beibehalten. Auch in anderer Hinsicht ist das HUS-System praktisch häufig unverwendbar. Eine Länge von 10 000 000 Metern als Einheit, bei deren Gebrauch 1 Meter durch die Zahl 0,0000001 ausgedrückt würde, und eine Masseneinheit von 0,00000000001 Gramm, wobei ein Kilogramm als Masse 100000000000000 zu bezeichnen wäre, sind für den gewöhnlichen Gebrauch durchaus ungeeignet. Selbst das

Coulomb und Farad müssen in der Regel durch die eine Million mal kleineren Einheiten Mikrocoulomb und Mikrofarad ersetzt werden, um für concrete Berechnungen brauchbar zu werden.

War es also ursprünglich die Absicht von Gaufs, ein einheitliches absolutes Mafssystem zu schaffen, welches aus drei Grundeinheiten abgeleitet ist und die Beifügung besonderer Proportionalitätsfaktoren in den Formeln unnötig macht, so dafs die Formeln die denkbar einfachste Gestalt erhalten, so sind wir heute genötigt, abgesehen von den praktischen Einheiten für Wärme, Licht und Schall, zum mindesten drei Systeme neben einander zu gebrauchen: das im Prinzip verfehlte, nicht absolute Kilogrammgewicht-Metersystem, welches für die Ingenieure unentbehrlich ist, das reine CGS-System, dessen Einheiten sich zudem in dreierlei Arten als elektromagnetische, elektrodynamische und elektrostatische definieren lassen, und das daraus abgeleitete HUS-System.

Es bedarf wohl keines besonderen Nachweises, wie viele Verwirrung durch das Nebeneinanderbestehen dieser verschiedenen Systeme angerichtet werden kann und wie sehr dadurch das Studium der technischen und physikalischen Wissenschaften erschwert wird, umsomehr, als das Kilogramm bald eine Gewichts-, bald eine Masseneinheit bedeutet und die CGS-Einheiten keine besonderen Namen besitzen, so dafs öfters, wenn die Bezeichnungen fehlen, der Irrtum entstehen kann, es handle sich um eine der dreierlei Arten CGS-Einheiten.

Aus diesem Grunde sind in neuester Zeit öfters Bestrebungen hervorgetreten, das (elektromagnetische) CGS-System zur Alleinherrschaft zu bringen und die übrigen Systeme vollständig zu beseitigen. So gut nun die Absicht an sich ist, so wenig dürfte sie sich durchführen lassen, selbst auf rein physikalischem Gebiete. Die CGS-Einheiten sind nur solange zweckmäfsig, als die Gröfsen durch Buchstaben ausgedrückt werden, und verlieren in vielen Fällen durchaus ihre Brauchbarkeit, sobald man zu Zahlen übergeht. So ist beispielsweise in elektromagnetischen CGS-Einheiten:

der Elasticitätsmodul des Stahls	1,9	Billionen,
die Festigkeit des Stahls	10	Milliarden,
die Compressibilität des Wassers	47	Billiontel,
die Temperatur 0,001 Grad Celsius	2,39	Milliardeltel,
der Ausdehnungskoëffizient des Eisens	0,3	Billiontel,
die Verbrennungswärme der Steinkohle	0,33	Billionen,
ein Effekt von 20 000 Pferdekräften	147	Billionen,
die Ladung des Conduktors einer gewöhnl. Elektrisiermaschine ca.	60	Milliardeltel,
die elektrische Flächendichte auf demselben ca.	200	Billiontel,
die Kapazität desselben ca.	0,05	Trilliontel.

Derartige Beispiele lassen deutlich erkennen, dafs die CGS-Einheiten bald viel zu grofs, bald viel zu klein sind. Diese Schwierigkeit läfst sich wohl auch kaum dadurch beheben, dafs man die 1000, 1 000 000 oder 0,001 und 0,000001fachen Einheiten unter der Bezeichnung Kilo, Mega, Milli und Mikro nebenbei benutzte, denn die bis in die Billionen und Trillionen gehenden Zahlen können dadurch noch nicht genügend reduziert werden, auch würde z. B. die abgekürzte Bezeichnung „Kilo“ sehr leicht Anlafs zu Verwechslungen geben, da sie im gewöhnlichen Sprachgebrauch 1 Kilogramm bedeutet, die ausführliche Bezeichnung „Elektromagnetische Kilo-Centimeter-Gramm-Sekunden-Einheit“ aber aus naheliegenden Gründen ebenfalls nicht verwendbar wäre.

Der scheinbare oder wirkliche Vorteil, den die CGS-Einheiten dadurch bieten, dafs die Formeln etwas einfacher geschrieben und bezüglich ihrer Richtigkeit etwas leichter controlliert werden können, wird dadurch reichlich wieder aufgewogen, dafs bei dem in konkreten Fällen unerläfslichen Übergang zu den praktischen Einheiten — man wird Kräfte nie anders als in Gewichten messen und in Dynen geaichte Gewichte kann es nicht geben, da dieselben nicht transportiert werden dürften — die weggelassenen Faktoren doch wieder hereinkommen und durch die Umrechnung ein grofser Teil der ersparten Zeit wieder verloren geht. Dazu kommt, dafs das CGS-System überhaupt nicht im eigentlichen Sinne als absolutes System anerkannt werden kann. Das Centimeter ist ein nicht reproduzierbares Mafs, welches gelegentlich

verloren gehen kann, die mittlere Sonnensekunde ist eine Einheit, welche uncontrollierbaren Änderungen unterworfen sein kann, wenn z. B. infolge fortschreitender Contraktion der Erde wegen der Abkühlung stetige oder sprungweise (durch innere Einstürze bedingte) Zunahmen der Rotationsgeschwindigkeit auftreten oder infolge von Flutreibung die Geschwindigkeit sich ermäfsigt. Wenn auch bisher solche Änderungen nicht beobachtet worden sind, so ist doch die Möglichkeit vorhanden, dafs sie sich im Laufe von Jahrtausenden bemerkbar machen.

Ebensowenig können die CGS-Einheiten als universelle, für das ganze Gebiet der Physik brauchbare, Einheiten — was natürlich sehr für deren allgemeine Einführung sprechen würde — betrachtet werden. Für grofse Kapitel der Physik, wie Wärme, Licht und Schall, wollen sie wie überhaupt die mechanischen Einheiten nicht recht passen und das Studium der Thatsachen und Gesetze kann sehr wohl und sogar wesentlich einfacher ohne als mit denselben betrieben werden. So müfste z. B. die Einheit der Temperatur die Temperaturerhöhung sein, die 1 Gramm eines Körpers erfährt, wenn ihm die Wärmemenge 1 Erg zugeführt wird. Es zeigt sich aber, dafs diese Temperaturerhöhung für die verschiedenen Körper ganz verschieden ist und auch verschieden für die wechselnden Umstände (wie Höhe der Temperatur, constanter Druck, constantes Volumen), unter denen sich ein Körper befinden kann. Man rechnet daher in der Wärmelehre thatsächlich nicht nach absoluten Einheiten, sondern nach den praktischen Einheiten für Temperaturgrade und Wärmemengen[4]). [Die Einheit der Lichtstärke müfste diejenige Intensität der Strahlung sein, bei welcher ein Cubikcentimeter 1 Erg Energie enthält. Versucht man aber die gebräuchlichen Einheiten, z. B. die Hefner-Kerze für gelbes Licht in solchen absoluten Einheiten auszudrücken, so wird man sofort bemerken, dafs das Resultat ein sehr verschiedenes wird, je nachdem es sich z. B. um reines Spektralgelb, oder eine gelb erscheinende Mischung von roten und grünen Strahlen, oder eine Mischung gelb erscheinender Strahlen mit dunklen Strahlen handelt. Auch ist selbst bei Strahlen derselben Wellenlänge die physiologische Lichtstärke — und um diese handelt es sich bei optischen Versuchen oder bei Problemen der Beleuchtungstechnik — der Energiemenge in der Raumeinheit nicht entfernt proportional.]

Aus diesen Gründen dürfte es sich empfehlen, das CGS-System nur da anzuwenden, wo es durchaus nötig und zweckdienlich ist, also namentlich bei theoretisch-physikalischen Rechnungen, in der Technik dagegen und auf der ersten Stufe des physikalischen Unterrichts diejenigen Einheiten beizubehalten, welche sich nun z. T. schon ein Jahrhundert lang praktisch bewährt haben.

[Insbesondere wäre es bei der überaus knappen Zeit, welche dem physikalischen Unterricht an Mittelschulen eingeräumt ist, und bei den vielen Schwierigkeiten, auf welche dieser Unterricht schon aus anderen Gründen stöfst, in hohem Mafse erwünscht, wenn nicht neben den selbstverständlich unentbehrlichen praktischen Mafsen noch das CGS-System behandelt würde, dessen Kenntnis für die meisten Schüler keinen Wert hat, dagegen einen sehr grofsen Teil ihrer Arbeitskraft und Zeit in Anspruch nimmt, der weit nützlicher verwertet werden könnte. Diejenigen, welche weitergehende Studien an der Hochschule zu machen beabsichtigen, haben dort noch reichliche Gelegenheit, das CGS-System nach allen Richtungen hin kennen zu lernen.]

Was die praktischen Messungen anbelangt, so läfst sich der Veränderlichkeit des Kilogrammwertes und der Werte der vom Kilogrammgewicht abgeleiteten Einheiten dadurch Rechnung tragen, dafs man diesen Einheiten jeweils die Gröfse der Fallbeschleunigung, für welche sie gelten, beifügt, oder dafs man festsetzt, dafs wenn eine derartige nähere Bezeichnung fehlt, derjenige Wert anzunehmen ist, welcher der Fallbeschleunigung 9,81 Meter oder dem Werte von g auf dem 45. Breitekreise in Meeresniveau oder demjenigen im Staats-

[4]) Es folgte nähere Darlegung der Verschiedenheit der gebräuchlichen Calorien, der W. Thomsonschen absoluten Temperaturskala und der durch die Veränderlichkeit der Wärme- und Krafteinheit bedingten Unsicherheit bei Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents (in unseren Gegenden ca. 428—430).

archive in Paris entspricht. [Auch könnten recht wohl die in Betracht kommenden Gröfsen so definiert werden, dafs die Veränderlichkeit des Kilogrammwertes ohne Einflufs bleibt, z. B. der Elektrizitätsmodul, indem man denselben, statt wie gewöhnlich auf 1 qmm Querschnitt, auf g/10 Quadratmillimeter bezieht.] Für Wärme-, Licht- und Schallmessungen wird man diejenigen Einheiten gebrauchen, welche sich praktisch am leichtesten herstellen lassen, wie die Celsiusgrade, die Wüllnersche Calorie, die Hefnerkerze u. s. w.

Daneben müfste man freilich bestrebt sein, das CGS-System zu einem wirklich absoluten Mafssystem auszubilden, etwa durch Anschlufs desselben an das bereits von Gauss vorgeschlagene sog. allgemeine Gravitationssystem. In diesem System ist die Einheit der Masse keine unabhängige Einheit, sondern bestimmt sich nach dem Gravitationsgesetze aus den Einheiten der Länge und Zeit, indem man definiert: „Einheit der Masse ist diejenige Masse, welche einer gleich grofsen in der Entfernung 1 vermöge der Gravitationskraft die Beschleunigung 1 erteilt.“ Als absolute Einheit der Länge könnte (nach W. Thomson) die Wellenlänge einer homogenen Lichtart, etwa einer Natriumlinie, gewählt werden, als Zeiteinheit die Schwingungsdauer derselben Lichtart.

Man würde dann fernerhin Centimeter und Gramm nicht mehr als die Werte des 100. bezw. 1000. Teils des Pariser Archivmeters bezw. Archivkilogramms bezeichnen können und ebensowenig die Sekunde als den 8640. Teil eines mittleren Sonnentages, sondern es wäre annähernd 1 Centimeter = 16 960,2 Natriumlichtwellenlängen, 1 Sekunde = 508806235 Millionen Natriumlichtschwingungszeiten und 1 Gramm = 1224,903 Milliontel Gravitations-Natriumlicht-Einheiten. Würden diese hier nur näherungsweise angegebenen Zahlen thunlichst genau ermittelt und dann auf Grund der Versuchsergebnisse die Definitionen von Centimeter, Gramm und Sekunde als Vielfache der Gravitations-Natriumlicht-Einheiten gesetzlich festgestellt, so hätte man ein wahrhaft absolutes, jederzeit reproduzierbares Mafssystem, welches sich von dem zur Zeit angenommenen Centimeter-Gramm-Sekundensystem nicht merklich unterscheidet und deshalb ohne jede Störung zur Einführung gelangen könnte.

Freilich hätte dasselbe hinsichtlich der Reproduzierbarkeit noch immer den grofsen Fehler, dafs sich weder die Lichtwellenlänge, noch die Lichtgeschwindigkeit, aus welcher sich die Schwingungszeit ergiebt, noch auch die Gravitationskraft zwischen zwei Massen so einfach und genau beobachten lassen, dafs die direkte Vergleichung gegebener Längen, Zeiten oder Kräfte mit denselben möglich wäre, also bei praktischer Ausführung der Messungen doch wieder Archivmeter, Archivkilogramm und Sonnensekunde zu Hilfe genommen werden müfsten. Als vollkommene Lösung des Problems ist deshalb auch dieses wirklich absolute Mafssystem nicht zu betrachten, ein Grund mehr, insoweit und solange wie irgend angängig an den gebräuchlichen praktischen Mafsen festzuhalten.

Der Satz von der Unveränderlichkeit der Flächengeschwindigkeit bei einer Centralbewegung.

Von

Prof. Dr. **L. Pilgrim** in Ravensburg.

Der Punkt O (Fig. 1) sei Kraftcentrum, $A_0, A_1, A_2, \ldots$ seien die Lagen des bewegten Punktes in den Zeitpunkten $o, \tau, 2\tau, \ldots$ wo τ sehr klein, $v_0, v_1, v_2, \ldots$ die Geschwindigkeiten und $p_0, p_1, p_2, \ldots$ die Beschleunigungen in den Punkten $A_0, A_1, A_2, \ldots$ von denen angenommen wird, dafs sie während der einzelnen Zeitintervalle τ nach Gröfse und Richtung unverändert bleiben; ferner sei nach Gröfse und Richtung $A_0B_0 = v_0\tau$, $A_1B_1 = v_1\tau$, $\ldots$ $A_0C_0 = {}^1/_2 p_0\tau^2$, $A_1C_1 = {}^1/_2 p_1\tau^2, \ldots$; dann ist die übliche Annahme, es sei A_1B_1 die Verlängerung von A_0A_1 falsch; denn die Richtung von A_0A_1 ergiebt sich, wenn man die Strecken $v_0\tau$ und ${}^1/_2 p_0\tau^2$ nach Gröfse und Richtung zusammensetzt oder v_0 und ${}^1/_2 p_0\tau$, dagegen erhält man v_1 nach Gröfse und Richtung durch Zusammensetzen von v_0 mit $p_0\tau$, also $A_1B_1 = v_1\tau$ aus

$A_1 D_1 = v_0 \tau$ und $D_1 B_1 = p_0 \tau^2$; es ist daher $A_1 D_1 = A_0 B_0$ und $D_1 B_1 = 2\, A_0 C_0$. $B_1 A_1$ treffe $A_0 B_0$ in E_0 und OA_0 in F_0; dann ist $\triangle\, F_0 C_0 A_1 \cong B_1 D_1 A_1$ und $A_0 C_0 = {}^1/_2\, B_1 D_1 = {}^1/_2\, F_0 C_0$, folglich $\triangle\, F_0 A_0 E_0 \cong A_1 B_0 E_0$ und E_0 Mitte von $A_0 B_0$ und nicht, wie gewöhnlich angenommen wird, E_0 mit A_0 zusammen fallend.

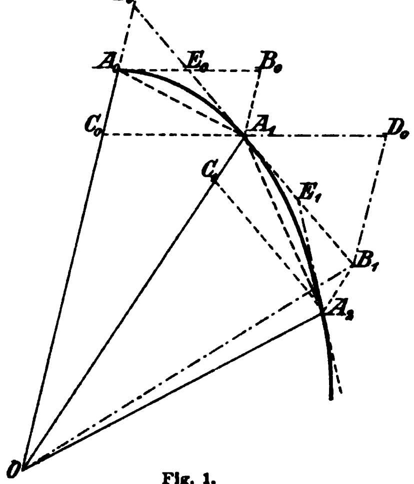


Fig. 1.

Sobald $A_0 C_0$ wie in der üblichen Figur gegenüber $A_0 B_0$ endlich grofs angenommen wird, erscheint die Bahn von A_0 nach A_1 nicht als gerade Linie, sondern als Parabelbogen, der in A_0 die $A_0 B_0$ berührt und dessen Tangente in A_1 durch die Mitte E_0 der $A_0 B_0$ geht.

Die Parabelsektoren $O A_0 A_1$, $O A_1 A_2$, ... sind die von dem Radius vektor in den aufeinanderfolgenden Zeitintervallen τ zurückgelegten Flächen, die entsprechenden Flächengeschwindigkeiten sind $O A_0 A_1/\tau = H_0$, $O A_1 A_2/\tau = H_1$, ...

Es ist $\triangle\, O F_0 A_1 = O A_1 B_1 = O A_1 A_2$, da $A_1 B_1 = F_0 A_1$ und $B_1 A_2 \parallel A_1 C_1$, ferner $\triangle\, A_0 F_0 A_1 = A_0 A_1 C_0$. Bedeutet $\mathfrak{S}$ Sektor und $\mathfrak{Sg}$ Segment,

so ist $\triangle\, O F_0 A_1 = \mathfrak{S}\, O A_0 A_1 - \mathfrak{Sg}\, A_0 A_1 + \triangle\, A_0 A_1 C_0 = \mathfrak{S}\, O A_1 A_2 - \mathfrak{Sg}\, A_1 A_2 = \triangle O A_1 A_2$ (1)

ebenso ergiebt sich $\mathfrak{S}\, O A_1 A_2 - \mathfrak{Sg}\, A_1 A_2 + \triangle\, A_1 A_2 C_1 = \mathfrak{S}\, O A_2 A_3 - \mathfrak{Sg}\, A_2 A_3$,

— — — — — — — — — — — — — — — — —

endlich $\mathfrak{S}\, O A_{n-2} A_{n-1} - \mathfrak{Sg}\, A_{n-2} A_{n-1} + \triangle\, A_{n-2} A_{n-1} C_{n-2} = \mathfrak{S}\, O A_{n-1} A_n - \mathfrak{Sg}\, A_{n-1} A_n$

Die Addition ergiebt: $\mathfrak{S}\, O A_0 A_1 - \mathfrak{Sg}\, A_0 A_1 + \triangle A_0 A_1 C_0 + \triangle\, A_1 A_2 C_1 + \ldots$
$+ \triangle\, A_{n-2} A_{n-1} C_{n-2} = \mathfrak{S}\, O A_{n-1} A_n - \mathfrak{Sg}\, A_{n-1} A_n$. (2)

Ist p^* die gröfste Beschleunigung und v^* die grösste Geschwindigkeit zwischen A_0 und A_n, so ist keines der Dreiecke $> {}^1/_2 \cdot {}^1/_2 p^* \tau^2 \cdot v^* \tau = {}^1/_4 p^* v^* \tau^3$, die Summe der Dreiecke also absolut genommen $< {}^1/_4 (n-1) p^* v^* \tau^3$; die beiden Segmente je kleiner als die entsprechenden Dreiecke ($\mathfrak{Sg}\, A_0 A_1 = {}^1/_3\, A_0 A_1 C_0$, $\mathfrak{Sg}\, A_{n-1} A_n = {}^1/_3\, A_{n-1} A_n C_{n-1}$), folglich

$$\mathfrak{S}\, O A_{n-1} A_n - \mathfrak{S}\, O A_0 A_1 = H_{n-1} \tau - H_0 \tau \text{ absolut genommen}$$
$$< {}^1/_4 (n-1) p^* v^* \tau^3 - {}^1/_{12} p_0 v_0 \tau^3 \sin O A_0 B_0 + {}^1/_{12} p_{n-1} v_{n-1} \tau^3 \sin O A_{n-1} B_{n-1} \text{ oder}$$
$$H_{n-1} - H_0 \text{ abs.} < {}^1/_4 p^* v^* n \tau^2 = {}^1/_4 p^* v^* t^2/n,$$

wenn $t = n \tau$ die Bewegungsdauer von A_0 bis A_n bedeutet.

Nimmt man n unendlich grofs an, also τ verschwindend klein und $H_{n-1} = H_{t-\tau} = H_t$, so wird, vorausgesetzt, dass p^*, v^* und t endlich sind, $H_t - H_0 = 0$ oder $H_t = H_0$, d. h die Flächengeschwindigkeit constant.

Im Anschlufs an Gleichung (1) könnte der Beweis auch, wie folgt, geführt werden:

$$\text{Es ist } \mathfrak{S}\, O A_1 A_2 = \mathfrak{S}\, O A_0 A_1 - \mathfrak{Sg}\, A_0 A_1 + \triangle\, A_0 A_1 C_0 + \mathfrak{Sg}\, A_1 A_2 \text{ oder}$$
$$H_1 \tau = H_0 \tau - {}^1/_{12} p_0 v_0 \tau^3 \sin O A_0 B_0 + {}^1/_4 p_0 v_0 \tau^3 \sin O A_0 B_0 + {}^1/_{12} p_1 v_1 \tau^3 \sin O A_1 B_1,$$
$$\text{also } H_1 = H_0 + ({}^1/_6 p_0 v_0 \sin O A_0 B_0 + {}^1/_{12} p_1 v_1 \sin O A_1 B_1) \tau^2.$$

Sind p^* und v^* die gröfsten Werte von p und v in dem Zeitraum $t = n \tau$, so ergiebt sich, dafs die Flächengeschwindigkeit H sich in dem Zeitintervall τ um weniger als ${}^1/_4 p^* v^* \tau^2$ ändert, also in der Zeit t um weniger als ${}^1/_4 n p^* v^* \tau^2 = {}^1/_4 p^* v^* t^2/n$. Wird n unendlichgrofs, also τ verschwindend klein, so verschwindet auch der Unterschied von H_t und H_0, vorausgesetzt, dafs p^*, v^* und t endlich grofs sind.

Die hier gegebenen Beweise dürften für die zweite Stufe des Physikunterrichts an Gymnasien nicht zu schwierig sein (wenn nötig, können für die Parabelsegmente die entsprechenden grösseren Dreiecke $A_0 E_0 A_1$ u. $A_{n-1} E_{n-1} A_n$ eingesetzt werden).

Auf einen anderen befriedigenden elementaren Beweis wurde ich von dem Herausgeber d. Ztschr. hingewiesen; derselbe findet sich in Newtons mathematischen Prinzipien (1686. Deutsche Ausgabe von Wolfers 1872. S. 55). Newton nimmt an, die Centripetalkraft wirke nicht continuierlich, sondern äufsere sich in einzelnen Impulsen (Momentankräften) mit

dem kleinen Zeitintervall τ. Der bewegte Punkt treffe in A_0 (Fig. 2) mit der Geschwindigkeit $v_0 = A_0 B_0/\tau$ ein; dort erfährt er einen Impuls, der für sich ihm eine Geschwindigkeit $u_0 = A_0 C_0/\tau$ in der Richtung $A_0 O$ erteilen würde. u_0 und v_0 setzen sich zur Resultante w_0 zusammen. Nachdem in der Zeit τ der Weg $A_0 A_1 = w_0 \tau$ zurückgelegt ist, erfolgt ein Impuls, der für sich die Geschwindigkeit $u_1 = A_1 C_1/\tau$ nach O hin erteilen würde, und es entsteht aus $w_0 = A_1 B_1/\tau$ und u_1 die Resultante w_1; in dem folgenden Zeitintervall τ wird der Weg $A_1 A_2 = w_1 \tau$ zurückgelegt. Hier ergiebt sich unmittelbar $\triangle\, O A_0 A_1 = O A_1 B_1 = O A_1 A_2$ u. s. w., also die Flächengeschwindigkeit $H_0 = H_1 = \ldots$, d. h. constant.

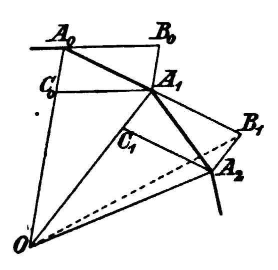


Fig. 2.

Je kleiner das Intervall τ ist, um so mehr nähert sich die in Impulsen wirkende Centripetalkraft einer continuierlichen und der Satz kann auch für diese als bewiesen gelten, wenn man eine continuierliche Wirkung als Grenzfall von unmittelbar aufeinanderfolgenden verschwindend kleinen Impulsen ansieht. Newton unterläſst nicht festzustellen, daſs der bewegte Punkt stets in der Ebene $O A_0 B_0$ bleibt.

Der von Prof. E. Mach in seiner „Mechanik in ihrer Entwicklung", Leipzig 1889, S. 175 angeführte elementare Beweis des Flächensatzes schlieſst sich dem Newtonschen enger an als der übliche; er findet sich auch in der österreichischen Ausgabe von Machs Grundriſs der Physik für obere Klassen (die von Harbordt und Fischer bearbeitete Ausgabe dagegen enthält den üblichen Beweis). Aber auch der Machsche Beweis ist nicht stichhaltig[1]); er lautet:

„Durchstreicht in einem Zeitelement (τ) der Radius vektor den Flächenraum ABS (Fig. 3), so würde ohne Beschleunigung im nächsten gleichgrossen Zeitelement BCS durchstrichen, wobei $BC = AB$ wäre und in der Verlängerung von AB liegen würde. Hat aber in dem ersten Zeitelement die Centralbeschleunigung eine Geschwindigkeit hervorgebracht, vermöge welcher in derselben Zeit BD zurückgelegt würde, so ist der nächste durchstrichene Flächenraum nicht BCS, sondern BES, wobei CE parallel und gleich BD ist. Man sieht aber, dass $BES = BCS = ABS$."

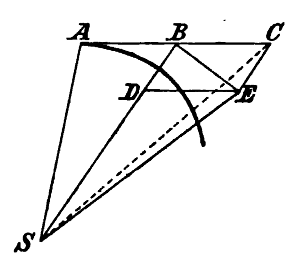


Fig. 3.

Diese Dreiecke sind aber nicht die von dem Radius vektor in den aufeinanderfolgenden Zeitelementen τ beschriebenen Sektoren. Der Punkt B wird von dem bewegten Punkt nicht erreicht, da die Ablenkung von der Richtung AB schon bei A beginnt. Denn die Worte „hat aber im ersten Zeitelement die Centralbeschleunigung eine Geschwindigkeit hervorgebracht u. s. w." lassen wohl keine andere Deutung zu als, daſs der bewegte Punkt während des ganzen ersten Zeitelements eine (continuierliche) Centripetalbeschleunigung erfahren hat, welche beständig die Geschwindigkeit modifiziert, also während des Zeitelements eine krummlinige Bahn erzeugt (Fig. 3). Aus den Worten Machs geht (im Widerspruch mit seiner Figur) nicht hervor, daſs die der Beschleunigung entsprechende Geschwindigkeitscomponente erst am Ende des ersten Zeitelements plötzlich zur Wirkung gelangt, was auch der Wirklichkeit nicht entspricht. Viel weniger stellt $\triangle\, SBE$ den in dem folgenden Zeitelement erzeugten Sektor dar. Wenn auch BE/τ die Geschwindigkeit am Ende des ersten Zeitelements richtig darstellt, so ist doch SB von dem Radius vektor verschieden. Wohl

[1]) Der Herausgeber der Ztschr. stimmt den obigen Einwendungen gegen den Machschen Beweis nicht bei und hat auch dem Herrn Verfasser seine Gegengründe mitgeteilt; da dieser indessen sich davon nicht hat überzeugen lassen, so hat der Herausgeber geglaubt, die obigen Einwendungen aufnehmen zu sollen, um eine öffentliche Klarlegung der Sache, die ja von allgemeinem Interesse sein dürfte, herbeizuführen. Nach seiner Ansicht unterscheidet sich Machs Beweis von dem Newtonschen nur dadurch, daſs dieser von der dynamischen Einkleidung befreit und auf seinen phoronomischen Kern zurückgeführt ist.

läfst sich nachweisen, dafs für ein verschwindend kleines τ $\triangle SAB$ und $\triangle SBE$ sich unendlich wenig von den beschriebenen Sektoren unterscheiden; es mufs aber die Gröfsenordnung der unendlich kleinen Flächenstücke untersucht werden, ehe man auf die Unveränderlichkeit der Flächengeschwindigkeit schliefsen kann.

Künftighin werden die Elementarbücher, sofern sie sich überhaupt auf Beweisführungen einlassen, entweder den Newton'schen Beweis vollständig bringen müssen oder einen von der Art des oben mitgeteilten, der sich unschwer an die Lehre von der Wurfbewegung anschliefsen läfst und vielleicht noch Vereinfachungen gestattet.

Das Klima von Berlin im Vergleich mit anderen europäischen Städten.

Von

Dr. **G. Schwalbe** in Potsdam.

Die nachfolgenden Angaben über die Temperaturverhältnisse von Berlin, welche eine wesentliche Ergänzung der in dieser Zeitschrift früher mitgeteilten meteorologischen Daten bilden, sind der Veröffentlichung von Hellmann: „Das Klima von Berlin" (Berlin und seine Bauten Bd. I, Seite IV bis XIII 1896) entnommen. Hierbei hat sich der Verfasser für den vorliegenden Zweck folgende Zusätze bezw. Abänderungen erlaubt: Zu der von Hellmann gegebenen Übersicht über die mittlere Temperatur der Hauptstädte Europas sind noch die Daten für einige andere deutsche Städte gegeben, welche den Vorteil bietet, dafs die Daten unmittelbar vergleichbar sind, da die letzteren alle auf die Periode 1851/90 reduziert worden sind[1]). Da für vergleichend-klimatologische Zwecke nur möglichst unbeeinflufste Temperaturen mafsgebend sind, so sind aufserdem die Angaben von Berlin durch Bildung der Differenzen auf die Aufsenstation (aufserhalb der Stadt gelegene Station) reduziert worden. Dabei ist aber (nach Hellmann: Jahresbericht des berliner Zweigvereines der deutschen meteorologischen Gesellschaft 1894) auf den Aufstellungsunterschied der Thermometer an beiden Stationen Rücksicht genommen worden, sodafs die Zahlen recht gut mit denen anderer Orte vergleichbar sein dürften. Ebenso sind bei der Angabe der absoluten Extreme 1. die Jahre nach 1890, 2. die Aufsenstation berücksichtigt worden. Dies die wichtigsten Abweichungen gegen das benutzte Original. Die Angaben über die Schneedecke sind den von Hellmann in den Abhandlungen des Kgl. preussischen meteorologischen Institutes Band I mitgeteilten Zahlen entnommen. Wir gehen nunmehr sogleich zu den Zahlen über.

Tabelle I.

Mittlere Temperatur der Hauptstädte Europas, sowie einiger deutscher Städte.

(Die mit * versehenen Orte sind reduziert auf die Periode 1851—90.)

Orte	Januar °C.	Juli °C.	Jahr °C.
St. Petersburg	— 9,4	17,7	3,6
Stockholm	— 3,7	16,4	5,2
Christiania	— 5,1	16,5	5,2
Kopenhagen	— 0,4	16,6	7,4
München	— 3,0	17,3	7,5
Breslau*	— 2,2	18,2	8,0
Bern	— 1,8	18,2	8,1
Berlin (Aufsenstation)*	— 0,4	18,2	8,5
Dresden	— 0,3	18,5	9,2
Wien	— 1,7	20,5	9,7
Swinemünde*	— 0,4	17,6	7,9

[1]) Die Reduktionen sind vom Verfasser selbst bei Gelegenheit einer früheren Arbeit vorgenommen worden.

Orte	Januar °C.	Juli °C.	Jahr °C.
Memel*	— 2,7	17,7	6,9
Hamburg*	0,3	17,2	8,3
Wilhelmshaven*	1,2	16,8	8,6
Stuttgart	0,4	18,8	9,7
Brüssel	2,0	18,0	9,9
London	3,5	17,9	10,3
Paris	2,0	18,3	10,3
Karlsruhe	0,1	19,5	10,3
Budapest	— 1,4	22,3	10,7
Madrid	4,9	24,5	13,5
Rom	6,7	24,8	15,3
Lissabon	10,3	21,7	15,6
Konstantinopel	5,8	23,5	16,3
Athen	8,1	26,9	18,5

Die Reduktionen auf die Periode 1851/90 sind mittels folgender Vergleichsstationen vorgenommen worden: Berlin mittels der langjährigen Reihe der Station im Innern der Stadt, Swinemünde mittels Stettin, Memel mittels Königsberg, Hamburg mittels Lüneburg und Bremen, Wilhelmshaven mittels Bremen, während für Breslau die Werte unmittelbar genommen werden konnten. Aus der Zusammenstellung geht hervor, daſs das Klima von Berlin der Lage des Ortes entsprechend einen vermittelnden Übergang bildet von dem milden oceanischen Klima Nordwestdeutschlands zu dem rauhen continentalen Klima Ostdeutschlands. Berlin ist im Winter kälter, im Sommer wärmer als die westdeutschen Stationen (Hamburg, Wilhelmshaven), dagegen besonders im Winter wärmer als die ostdeutschen (Memel, Breslau). Eine ähnliche mittlere Stellung nimmt Berlin auch unter den Hauptstädten Europas ein.

Ein gutes Bild von dem Gange der Temperatur im Laufe eines Jahres giebt die folgende Tabelle (nach Hellmann):

Tabelle II.

Normale Temperaturmittel für Berlin (innere Stadt).

	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
1	1,5	— 0,6	0,4	1,5	7,0	9,8	15,5	17,8	18,7	16,2	12,8	6,4
2	1,0	— 0,8	0,3	1,7	6,8	10,0	16,7	18,0	18,7	16,7	12,3	6,0
3	0,6	— 0,6	0,6	1,9	7,4	10,3	18,1	18,4	18,5	16,5	11,7	5,8
4	0,5	— 0,5	0,8	2,2	7,7	10,7	17,8	18,3	18,7	16,6	11,4	5,8
5	1,2	— 0,7	1,2	2,4	7,5	10,4	17,6	18,0	18,7	16,4	11,6	6,1
6	1,9	— 0,6	1,4	2,2	7,8	10,7	18,4	18,0	18,9	16,6	11,1	5,8
7	2,0	— 0,7	0,9	3,0	8,0	11,4	18,0	18,2	18,7	16,0	11,1	5,9
8	1,8	— 0,6	0,5	3,4	7,7	11,7	17,5	18,5	18,9	15,8	11,3	6,1
9	1,1	— 0,7	0,2	3,0	7,6	12,2	17,5	18,9	18,7	15,7	10,7	5,2
10	0,7	— 0,7	— 0,3	3,0	7,5	12,2	17,4	18,4	18,3	16,0	10,2	4,3
11	1,0	— 0,6	0,1	2,7	7,5	12,2	16,7	18,5	18,4	15,5	10,0	4,1
12	0,9	— 1,0	— 0,2	2,5	7,7	12,7	17,1	18,8	18,4	14,9	10,3	3,5
13	1,2	— 1,8	— 0,5	2,1	7,6	13,2	17,1	19,1	19,1	14,8	9,8	3,3
14	1,3	— 1,3	— 0,1	2,1	8,1	13,1	16,9	19,6	19,0	14,7	9,8	3,6
15	1,6	— 1,3	1,1	2,2	7,8	13,2	16,8	19,9	19,0	14,4	9,8	3,5
16	1,9	— 0,6	1,7	2,5	7,8	13,5	16,9	19,2	18,6	14,1	9,4	3,5
17	1,7	— 1,0	1,5	3,1	8,5	13,9	17,1	19,0	17,9	14,6	9,6	3,1
18	1,1	— 0,8	0,9	3,2	8,9	14,7	16,8	19,1	17,4	14,4	9,3	2,7
19	0,6	— 0,1	1,2	3,1	8,8	14,3	17,0	19,3	17,8	13,9	9,1	2,5
20	0,1	— 0,5	1,0	3,0	9,6	13,9	17,2	19,1	18,2	13,8	9,0	2,5
21	— 0,4	0,0	1,1	3,4	10,1	14,5	17,7	18,6	18,1	13,4	8,2	1,9
22	— 0,2	— 0,2	1,1	2,9	9,5	14,7	18,2	19,4	18,1	12,9	8,3	2,1
23	— 0,1	0,3	1,2	3,1	9,5	14,7	18,0	20,0	17,7	13,1	8,3	3,1
24	0,3	0,5	1,5	3,9	9,5	15,2	17,6	19,6	17,1	13,0	8,0	3,3

	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
25	0,1	0,6	2,0	4,5	10,1	15,1	17,8	19,7	17,3	13,0	7,8	3,0
26	0,2	0,3	2,0	4,5	9,8	15,0	18,0	19,4	17,5	12,9	7,7	2,4
27	— 0,2	— 0,1	2,2	5,0	9,4	15,8	18,0	18,9	17,3	13,3	7,3	3,1
28	— 0,1	0,2	1,6	5,3	9,7	15,9	17,9	18,8	17,3	13,5	7,2	2,9
29	— 0,2	0,8		6,2	9,3	15,8	18,1	18,7	17,0	13,8	6,8	2,6
30	— 0,2	0,8		6,5	9,3	15,9	17,9	19,0	16,7	13,2	6,7	2,3
31	— 0,4	0,5		6,8		15,8		19,4	16,4		6,6	

Die Zeit des eigentlichen Winters, d. h. die Zeit, in welcher der Mittelwert constant unter 0° liegt, dauert etwa vom 21. Dezember bis 21. Januar, also fast genau einen Monat, die Periode höchster Temperatur (Mittelwert constant über 19°) dauert vom 13.—31. Juli und fällt also keineswegs, wie man wohl oft anzunehmen geneigt ist, in die zweite Hälfte des August. Die mittleren Jahresextreme der Temperatur zu Berlin sind — 15,4° und 33,0° (Breslau mittleres Minimum — 18,4, Hamburg — 12,3). Die absoluten je an Extremthermometern beobachteten Extreme der Temperatur sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

Tabelle III.

Absolute Extreme der Temperatur zu Berlin.

	Absolutes Maximum	Absolutes Minimum
Januar	13,8	— 31,0
Februar	14,8	— 24,9
März	22,5	— 19,0
April	27,4	— 6,8
Mai	35,5	— 4,0
Juni	34,8	3,8
Juli	37,0	6,4
August	36,1	3,5
September	33,0	— 1,5
Oktober	26,2	— 5,4
November	17,5	— 14,4
Dezember	16,1	— 19,6
Jahr	37,0	— 31,0

Nur in den 3 Monaten Juni, Juli und August ging die Lufttemperatur niemals unter 0° herab; Bodenfrost und Reif kann aber nach Hellmann auch noch im Juni vorkommen. Zum ersten Male sind ferner von Hellmann für Berlin Mittelwerte für die Höhe der Schneedecke veröffentlicht worden; die mittlere Zahl der Tage mit Schneedecke (18 jähriges Mittel) beträgt nach Hellmann:

Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Jahr
2,4	7,7	17,0	13,1	8,3	0,5	49,0

Der Januar dokumentiert sich also auch hier als der eigentliche Wintermonat, während von den Februartagen noch rund 50 Proc. Schneedecke haben. Das verhältnismäfsig langsame Abschmelzen des Schnees im Frühjahr ist daraus ersichtlich, dafs der März trotz der bedeutend höheren Luftwärme noch eine gröfsere Anzahl von Tagen mit Schneedecke hat, als der Dezember.

Diese Zahlen mögen als Ergänzung zu den früher gegebenen dienen. Sie sind gerade wegen des Vergleiches mit anderen Orten geeignet, uns ein gutes Bild von den klimatischen Verhältnissen Berlins zu geben.

Physikalische Aufgaben.

Zur Wärmelehre.

1. Ein 8,9 g schweres Kupferstück erlitt bei + 4° im Wasser einen Gewichtsverlust von 1 g, und besass also das spezifische Gewicht 8,9. Wie würde dieses Gewicht bei 20° verändert erscheinen?

Auflösung: Bei dem Ausdehnungscoëffizienten 0,000051 wäre das Volumen von 1 cm³ Kupfer auf 1,0008 cm³ vergrössert. Das Wasservolumen ist von 1 auf 1,0017 angewachsen,

also wiegt 1 cm³ Wasser bei + 26° nur 0,998 g und 1,0008 cm wiegen 0,999 g. Das spezifische Gewicht des Kupfers würde also nach dem veränderten Gewichtsverlust 8,91 betragen.

2. Die höchste Temperatur zu berechnen, welche durch Verbrennen von Kohlenoxyd in reinem Sauerstoff möglich erscheint. (Verbrennungswärme von 1 Gewichtsteil $CO = 2430$.)

Auflösung: 1 Gewichtsteil Kohlenoxyd verbrennt zu $1^4/_7$ G. Kohlendioxyd und dabei werden 2430 W.-E. erzeugt. $1^4/_7$ G. Kohlendioxyd besitzen die Wärmecapacität $0{,}22 \times {}^{11}/_7 = 0{,}345$, also würde eine Temperaturerhöhung von $\frac{2430}{0{,}345} = 7044°$ entstehen, wenn sie nicht durch Dissociation auf mehr als die Hälfte verringert würde. (Bunsen 3033°.)

3. Welche Temperatur entstände unter gleichen Umständen durch Verbrennung des Kohlenoxyds mit der dazu eben ausreichenden Menge von atmosphärischer Luft?

Auflösung: Die $^4/_7$ G. Sauerstoff sind in der Luft $^{41}/_{21}$ G. Stickstoff beigemengt, also wären auch diese mit zu erwärmen. Ihre Wärmecapacität beträgt 0,46, also würde die Gesammtmenge der zu erwärmenden Gase für jede Temperaturerhöhung um 1° eine Wärmemenge von $0{,}35 + 0{,}46 = 0{,}81$ W.-E. erfordern. Daraus ergiebt sich unter der Voraussetzung, dass keine Dissociation erfolgt, eine Temperatur von $\frac{2430}{0{,}81} = 3000°$.

4. Welche Arbeit leistet das Wasser von 0°, welches unter einem Gegendruck von 4 Atmosphären bei 144° einen Raum von einem Kubikmeter ausgefüllt hat, und wieviel Prozent der von 0° bis 144° zugeführten Wärme (650,4 W.-E.) sind dabei in Arbeit umgesetzt?

Auflösung: Das spezifische Gewicht des gesättigten Wasserdampfes ist 0,0021 bei 144°, also enthält 1 m³ desselben 2,1 kg Wasser. Da dieses von 0° bis 144° erwärmt auf die Gewichtseinheit nach Regnault im ganzen 650,4 W.-E. aufnimmt, so waren dazu für 2,1 kg Wasser 1366 W.-E. erforderlich. Die 2,1 kg Wasser haben sich infolge der Dampfbildung um 0,998 Kubikmeter ausgedehnt und gegenüber einem Druck von 4 Atmosphären eine Arbeit von $4 \,.\, 10328 \,.\, 0{,}998 = 41228$ mkg geleistet. Diese Arbeit ist $\frac{41\,228}{429} = 94{,}4$ W.-E. gleichwertig. Also sind von den zur Erwärmung des Wassers aufgewandten 1366 W.-E. 6,9 Procent wirksam geworden.

5. Welche Arbeit könnte der in der vorhergehenden Aufgabe genannte Dampf noch weiter leisten, wenn er sich ohne Abgabe oder Aufnahme von Wärme bis auf den Druck von einer Atmosphäre ausdehnte, und wieviel Procent der zugeführten Wärme wären dann im ganzen nutzbar gemacht?

Auflösung: Der Dampf würde bei der weiteren Ausdehnung auf 4 m³ unter dem Gegendruck einer Atmosphäre eine neue Arbeit von 30 984 mkg leisten. Dieselbe entspricht 72,2 W.-E., und damit wären im ganzen 12,2 % der aufgenommenen 1366 W.-E. in Arbeit übergeführt. *W. Müller-Erzbach, Bremen.*

Zu den Aufgaben von Müller-Erzbach (d. Ztschr. *VII 288*) über rollende Kugeln (No. 1 u. 3) bemerkt Herr Kuhfahl in Landsberg a. W., dass die dort beigefügten Lösungen unrichtig sind und dass die Aufgaben sich auch nicht für den fraglichen Zweck eignen, da sie die Kenntnis des Trägheitsmomentes der Kugel erfordern. Es sei nicht beachtet worden, dass $^2/_7$ der gesamten lebendigen Kraft auf die Drehung der Kugel kommt.

In der That ist bei jenen Aufgaben stillschweigend von dem erwähnten Umstand abgesehen worden. Auch ist einleitend (*VII 245*) hervorgehoben, dafs bei den betr. Aufgaben nur die Veränderung der Fallbeschleunigung durch den Widerstand der schiefen Ebene in Betracht gezogen werden solle. Dies erscheint für die Unterstufe ebenso berechtigt, wie wenn bei Aufgaben über die schiefe Ebene von der Reibung, oder bei Fall und Wurf vom Luftwiderstand abgesehen wird. Allerdings mufs dem Herrn Einsender zugegeben werden, dafs es sich beim Rollen um einen integrierenden Bestandteil der Bewegung handelt, während Reibung und Luftwiderstand nur als zufällige Momente zu dem Bewegungsvorgang hinzutreten und überdies auf ein äufserst geringes Mafs reduzierbar sind. Wir lassen zur Vervollständigung noch die von Herrn Kuhfahl mitgeteilte genauere Lösung hier folgen:

Es sei für die erste Aufgabe v die Geschwindigkeit des Mittelpunkts der Kugel, w die Winkelgeschwindigkeit für die horizontale Achse durch den Schwerpunkt, r der Radius, m die Masse, T das Trägheitsmoment, ferner s der Weg, α der Neigungswinkel, t die Zeit,

so ist $$\frac{m}{2}\cdot v^2 + \frac{T}{2}\cdot w^2 = m\cdot g\cdot s\cdot \sin\alpha\,,$$

und da $$T = {}^2/_5\cdot m r^2,\quad r\cdot w = v\,,$$

so folgt $$^7/_{10}\, v^2 = g\cdot s\cdot \sin\alpha\,,$$

und $$s = v/2\cdot t\,,$$

daher $$\sin\alpha = \frac{2{,}8\cdot s}{g\cdot t^2} = \sin 10^0\, 16',6\,,$$

und die Beschleunigung $$v/t = 2\, s/t^2 = {}^5/_4\,.$$

Die Resultate der zweiten Aufgabe werden bei Anwendung des corrigierten Winkels dieselben wie die angegebenen; für die dritte Aufgabe ist

$$\sin\alpha = \frac{2{,}8\, s}{g\cdot t^2} = \sin\ 6^0\, 33',4.$$

Wollte man das Rollen als gleichförmig beschleunigte Bewegung behandeln, so könnte man die Formeln für das Gleiten auf der schiefen Ebene benutzen, wenn man dabei statt g den (durch Versuche bestimmbaren) Wert $^5/_7\, g = 701$ cm einsetzte.

Kleine Mitteilungen.

Leuchterscheinungen bei Wechselströmen geringer Frequenz.

Von **Schreiber** in Neuwied.

Bekanntlich beruhen die Teslaversuche auf der Erzeugung von Strömen sehr hoher Spannung und aufserordentlich grofser Frequenz der Wechsel. Die Herstellung solcher Ströme macht die Anwendung besonderer Apparate notwendig, welche bis jetzt wohl noch in den meisten physikalischen Sammlungen fehlen dürften.

Nun lassen sich aber auch mit den hochgespannten, langsam wechselnden Strömen eines Funkeninduktors bei geeigneter Anordnung die meisten Teslaschen Lichteffekte, besonders die Erscheinungen bei luftverdünnten Röhren, mit einer gewissen Annäherung erzielen.

Vergröfsert man nämlich die Capazität der beiden Pole eines Funkeninduktors, indem man sie je mit einem auf seinem Stativ gut isolierten Messingringe verbindet, so bildet der Raum zwischen diesen Ringen, die in einer Entfernung bis zu einigen Metern von einander aufgestellt sein können, ein elektrisches Feld, in welchem Geisslersche Röhren und gewöhnliche Glühlichtlampen ebenso hell aufleuchten, als wenn sie direkt mit den Polen in Verbindung gesetzt wären. Auch aufserhalb des durch die beiden Ringe bestimmten cylindrischen Raumes findet das Leuchten noch bis zu einer gewissen Entfernung statt; dabei leuchten die auf dem Experimentiertisch liegenden Röhren jedesmal intensiver auf, wenn sie mit der Hand berührt werden. Wurden die beiden Ringe in eine geringe gegenseitige Entfernung (ca. 20 cm) gebracht, so strahlte zwischen ihnen ein Lichtmantel über, der sich aus zahlreichen feinen Lichtlinien zusammensetzte und eine von der gewöhnlichen Büschelentladung verschiedene Erscheinung darbot.

Die Versuche lassen sich auch so ausführen, dafs man nur einen Pol des Induktors mit einem Metallringe (Ringe sind Platten vorzuziehen) verbindet und den anderen Poldraht zur Wasser- oder Gasleitung führt. Die Wirkungen stehen gegen die vorigen nicht zurück. Bemerkt sei endlich noch, dafs Platten von Hartgummi, Glas, Holz, Stein, zwischen den ausstrahlenden Ring und die leuchtende Röhre gebracht, die Erscheinungen in keiner Weise beeinträchtigen, dafs dagegen eine Metallplatte, ebenso ein Drahtnetz — vorausgesetzt, dafs sie grofs genug sind, um die Röhren gegen seitliche Strahlen zu schützen — die Erscheinungen völlig auslöschen.

Für die Praxis.

Die Schwingungsform gestrichener Saiten lässt sich noch bequemer als nach dem von Herrn Fernbach (d. Ztschr. *IX 238*) angegebenen Verfahren sichtbar machen, wenn man statt des Kammes einen drehbaren Spiegel benutzt. Ich beklebe die Mitte der Saite eines Monochords mit einem schmalen Stanniolstreifen und concentriere auf diese Stelle Licht mit einer Linse. Beim Anstreichen tritt dann in dem neben dem Monochord stehenden rotirenden Spiegel für den etwas höher stehenden Beobachter die Schwingungsform sehr scharf hervor. Dabei kann die Tonhöhe ganz beliebig sein und der Spiegel braucht nur langsam gedreht zu werden. Ganz besonders charakteristisch ist die Wellenform, die man für die unreinen Töne beim schrägen Anstreichen erhält. *A. Kuhfahl, Landsberg a. W.*

Versuche mit evakuierten Glasgefäfsen. Von A. Kadesch in Wiesbaden. Viele der Versuche von Tesla und Thomson für hochgespannten Wechselstrom lassen sich schon lediglich mit einem Funkeninduktor von mäfsiger Schlagweite, wenn auch mit geringerem Glanze, anstellen. So leuchtet ein evakuierter Glaskörper in der Nähe eines Induktorpoles auf. Das Aufleuchten eines solchen Glaskörpers wird verstärkt, wenn man ihn nicht dem Pol selbst, sondern einem mit diesem leitend verbundenen kugel-, cylinder- oder auch plattenförmigen, auf einem isolierenden Fufse stehenden Conduktor nähert (Vergröfserung der Capacität). Eine hübsche Abänderung bzw. Erweiterung dieses Versuches, die natürlich auch für den entsprechenden Versuch mit Teslastrom getroffen werden kann, besteht darin, dafs man eine Reihe von isolierten Conduktoren in geringen Entfernungen von einander aufstellt und den ersten mit dem einen Pol des Induktors in leitende Verbindung setzt. Dann leuchtet ein evakuierter Glaskörper, dessen verdünnter Gasinhalt selbst als ein derartiger Conduktor betrachtet werden kann, in der Nähe jedes der Conduktoren auf, eine Erscheinung, welche nicht beeinträchtigt wird, wenn zwischen zwei der Conduktoren eine Glas- oder Ebonitplatte gehalten wird (Durchgang elektrischer Wellen durch ein Dielektrikum); wenn man dagegen einen der Conduktoren ableitend berührt, so verlieren dieser und alle folgenden ihre Wirkung. Man kann auch statt eines evakuierten Glasgefäfses ein Telephon verwenden, dessen eine Klemme man durch einen Draht mit einem der freien Conduktoren verbindet, wodurch nur an die Stelle des Auges das Ohr als Beobachtungsorgan tritt. Legt man ferner die eine Hand auf den einen Pol des Induktors und ergreift mit der anderen einen evakuierten Glaskörper, so leuchtet dieser auf. Besonders wirkungsvoll nimmt sich hierbei wegen ihrer Länge die Röhre mit dem Ätzkali enthaltenden Ansatz aus. Allerdings geht das Aufliegen einer Hand auf einem Induktorpol nicht wie beim Teslastrom ohne Empfindung ab, doch ist diese, wenigstens bei einem Induktor von der Gröfse des unsrigen, bei hinreichend geringer Stromstärke weder unerträglich noch auch nur unangenehm. Die Ableitung des anderen Induktorpols zur Erde erhöht bei allen beschriebenen Versuchen die Wirkung nur unwesentlich. Aus naheliegendem Grunde leuchtet bei dem letzten Versuch das Glasgefäfs intensiver auf, wenn man auf einem Isolierschemel steht. Auch Versuche über Büschelentladungen lassen sich mit dem gewöhnlichen Induktionsstrom machen, wie denn schon aus den Fingerspitzen, mit welchen man über die Umhüllung der sekundären Spule eines Induktors hinstreicht, starke Lichtbüschel herausfahren.

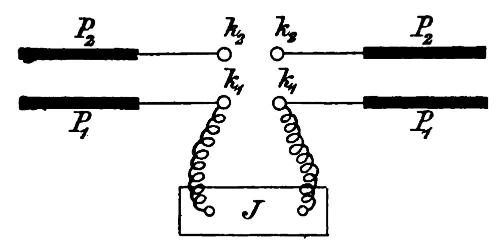
Der Schwingungszustand der Luft in einer gedeckten Pfeife beim Erklingen des Grundtones bez. ersten Obertones lässt sich sehr bequem mittels der Rogetschen Spirale veranschaulichen. Die dem Grundton entsprechende Schwingungsweise stellt sich von selbst her. Um im zweiten Falle den Knoten am ersten Drittel der Spirale (vom Quecksilbernäpfchen aus gerechnet) zu erhalten, muss man die schnellere Schwingung der Spirale künstlich einleiten, was man mit einiger Geduld leicht erreicht. Der Versuch wird sehr erschwert, wenn der Stromschluss durch Eintauchen eines in die belastende Kugel eingesetzten Kupferstäbchens erfolgt, weil sich dies bald amalgamiert; man vertauscht es besser mit einem Eisenstäbchen. — Ist die Spirale lang genug, so lässt sich wahrscheinlich auch noch der Schwingungzustand des zweiten Obertones, mit 2 Knoten, auf dieselbe Weise nachahmen. *P. Meutzner, Annaberg.*

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Vollkommen astatisches Galvanometer von großer Empfindlichkeit. Seitdem Ayrton, Mather und Sumpner (*Phil. Mag.* (5) *XXX 58, 1890*) die Bedingungen für einen hohen Grad der Empfindlichkeit der Galvanometer festgestellt haben, wurden mannigfache Konstruktionen angegeben, bei denen ein möglichst kleines Trägheitsmoment und ein unveränderliches, möglichst starkes Moment der einzelnen Magnete des astatischen Systems angestrebt wurde. Weifs (*C. R. CXX 728, 1895*) und Heitchen (dieses Heft *S. 116*) setzten daher ihr Magnetsystem aus zwei langen und zur Drehungsachse parallelen Magneten zusammen, die nahezu einen magnetischen Kreis bildeten. Wenn beide Nadeln nicht vollständig parallel sind, machen sich jedoch kleine Störungen des erdmagnetischen Feldes sofort bemerkbar. A. Broca (*C. R. CXXIII 101, 1896*) benutzt daher Nadeln, die an beiden Enden denselben und in der Mitte den entgegengesetzten Pol besitzen. Hängt man zwei Nadeln, von denen die eine in der Mitte einen Nord- und die andere einen Südpol hat, in der von Weifs und Heitchen vorgeschlagenen Art auf, so erhält man ein vollständig astatisches System, das gegen ein gleichförmig veränderliches Feld völlig unempfindlich ist. Broca versieht sein Galvanometer nur mit einer die mittleren Magnetpole umhüllenden Spule und erzielt dadurch die 2- bis 3-fache Empfindlichkeit des Galvanometers von Weifs. Durch die Anwendung von zwei oder drei Spulenpaaren wird die Empfindlichkeit nicht wesentlich gesteigert. Man könnte sie aber durch die Anwendung eines Magnetsystems mit mehr als einem Folgepol erhöhen; es ist jedoch sehr schwierig, lange und gerade Nadeln herzustellen, die bei gleichmäfsiger Magnetisierung mehrere solcher Pole besitzen. (*Zeitschr. f. Instr. XVI 117, 1896*).

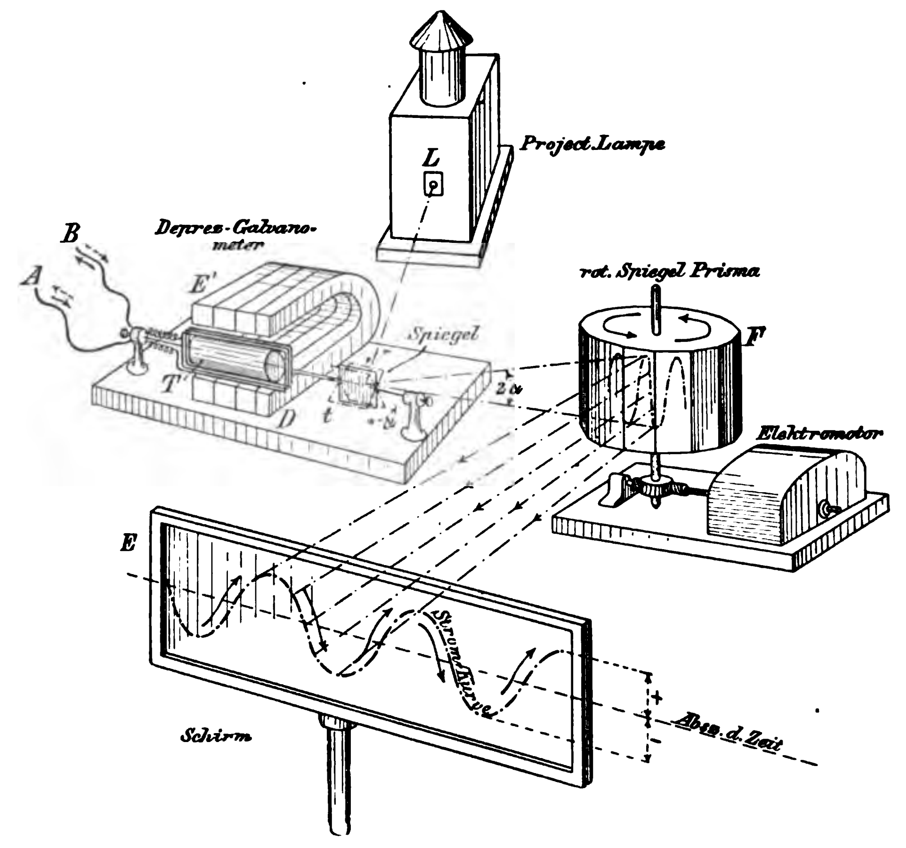
Demonstration des gegenseitigen Einflusses zweier Funkenstrecken auf einander. Von J. Klemenčič (*Wied. Ann. 59, 63; 1896*). P_1 P_2 sind vier genau gleiche runde Platten aus Zinkblech von 30 cm Durchmesser. An jede Platte ist ein Kupferdraht (40 cm lang und 0,4 bis 0,5 cm dick) angeschraubt; die Enden der Drähte tragen entweder sehr gut polierte Messingkugeln (2,5 cm Durchmesser) k_1 k_2, oder sie laufen in schwach abgestumpfte Spitzen aus; die Entfernung zwischen k_1 und k_2 beträgt 5 cm. Die Kugeln k_1 sind mit den Polen eines Induktoriums I verbunden. Gehen bei k_1 Funken von 0,5 bis 1 cm Länge über, so bekommt man auch bei k_2 sehr lebhafte Funken von mehreren Millimetern, die weithin sichtbar sind. Stellt man nun zwischen die beiden Funkenstrecken einen Gegenstand, der die ultraviolette Strahlung absorbiert (Glasplatte, Papier etc.) und zieht jetzt die Kugeln k_2 so weit auseinander, dafs gerade keine Funken kommen, so stellen sich diese sofort wieder ein, wenn man die Zwischenwand entfernt.



Ersetzt man die Kugeln durch nicht allzuscharfe Spitzen und zieht die sekundäre Funkenstrecke unter dem Einflufs der Belichtung durch den primären Funken so weit aus, dafs keine Funken kommen, so erscheinen diese sofort wieder, wenn man zwischen die beiden Funkenstrecken einen Schirm bringt. Man bekommt auf diese Weise sogar sekundäre Funken, die länger sind als die primären. Der Einflufs dieser auf jene ist also scheinbar gerade umgekehrt wie vorhin. Doch zeigt eine Beobachtung im Dunkeln, dafs bei zu weit ausgezogenen Spitzen eine Büschelentladung auftritt, welche offenbar durch das Licht des primären Funkens begünstigt wird. Ist dieser Einflufs aufgehoben, so können sich nun in der sekundären Funkenstrecke kräftige Funken bilden. — Die Beobachtung zeigt auch, dafs eine wechselseitige Wirkung zwischen beiden Funkenstrecken besteht. *Schk.*

Neuere Verfahren zur Aufzeichnung von Wechselstromkurven. Das Verfahren, das J. Mark Barr, W. Beckit-Burnie und C. Rodgers der British Association mitteilten und das in der *Electrical Review vom 27. September 1895* beschrieben wurde, ist recht compliziert.

Die Methoden von F. Drexel (*E. T. Z. XVII 378, 1896*) und H. Behn-Eschenburg (*E. T. Z. XVII 483, 526, 1896*) sind lediglich den Bedürfnissen der Technik angepafst. Auf der Milleniumsausstellung in Ofen-Pest war im Unterrichtspavillon ein Indikator von Franz Wittmann ausgestellt, der auf sehr schöne Weise die Wechselstromkurven sichtbar macht und von Prof. Weyde (*E. T. Z. XVII 552, 1896*) beschrieben worden ist. Die nebenstehende Figur bietet eine blofs schematische Zeichnung dieses Apparates. Sein Hauptbestandteil ist



ein wagrechtes Deprez-Torsionsgalvanometer, dessen sehr leichter Drahtrahmen *T* in dem unveränderlichen Felde des Dauermagnets um einen wagrechten Faden schwingt und dabei den kleinen Spiegel *t* mitbewegt. Ein Eisenkern, der im Innern des Drahtrahmens freistehend befestigt ist, verdichtet die Kraftlinien. Wird durch die Drähte *A* und *B* dem Galvanometer Wechselstrom zugeführt, so stehen die Ausschläge des Spiegelchens zu den Wechselstromphasen in der beweglichen Spule d. h. mit den Ordinaten der E. M. K. an den Klemmen in einem bestimmten Verhältnis. Um die Schwingungen in einem vergröfserten Mafsstabe sichtbar zu machen, wird ein Lichtbündel der Projektionslampe *L* auf das schwingende Spiegelchen, das reflektierte Bündel auf ein rotierendes Spiegelprisma *F* und von da auf einen Schirm geworfen, auf dem die fortschreitende Stromkurve in glänzender Weise und in sehr grofsem Mafsstabe sichtbar wird. *H.-M.*

Ein Verfahren, die Funkenlänge einer gegebenen E. M. K. zu vergröfsern. C. E. Skinner (*Electr. Engineer, N. Y., 10. Juni 1896; E. T. Z. XVII 525, 1896*) beschreibt folgenden Versuch, der vielleicht nicht ganz neu ist: Zwei 2,5 cm starke cylindrische Messingstäbe *C* und *D* (Fig. 1), die an den Enden halbkugelförmig abgedreht sind, bilden die Pole einer Funkenstrecke. Auf ihnen liegt eine Glasplatte *G* und auf dieser ein Stanniolblatt *T* von 15 cm × 25 cm, das durch den Draht *L* mit dem Pole *D* verbunden ist. Schliefst man nun die Pole *C* und *D* an einen Transformator von 35 000 *V* Höchstspannung und 16 000 Stromwechsel in der Minute, so erhält man zwischen *C* und *D* Funken von 12 bis 15 cm Länge, während ohne die Über-

brückung nur Funken von etwa 1,8 cm auftreten. Die Funken springen nicht frei in der Luft, sondern hart an der Glasplatte in krummen stets wechselnden Bahnen über. Eine ähnliche Vergröfserung der Funkenlänge auf das 8- bis 10fache erhält man auch bei Benutzung einer Influenzmaschine und einer Batterie Leydener Flaschen an Stelle des Hochspannungstransformators. Skinner ist der Ansicht, dafs durch die Influenzwirkung des mit dem Pol *D* verbundenen Stanniolblattes *T* der eine Pol *C* gleichsam gegen den anderen *D* hin verlängert und dadurch das Überschlagen des Funkens erleichtert werde.

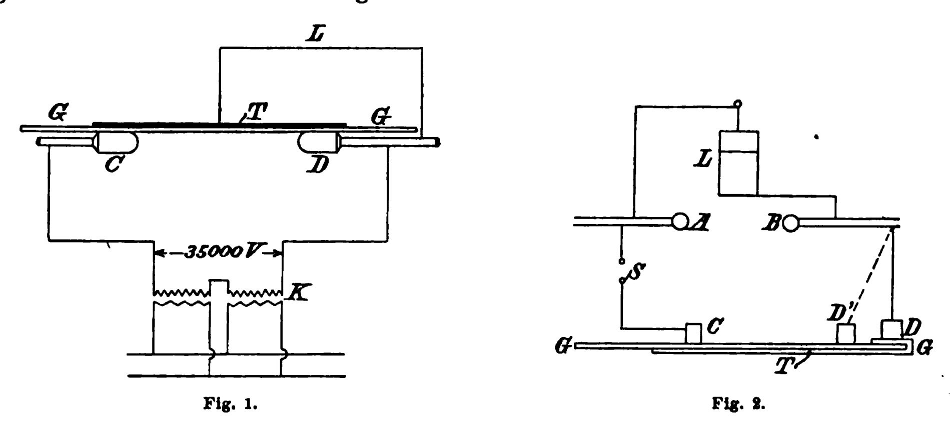


Fig. 1. Fig. 2.

Im Anschlufs an die Ausführungen Skinners beschreibt A. J. Wurts eine Reihe von Versuchen, von denen der folgende am wichtigsten ist: In Fig. 2 sind *A* und *B* die Pole einer Influenzmaschine von 15 cm Funkenlänge, *L* eine Leydener Batterie, *G* eine auf der oberen Seite geschliffene Glasplatte, unter der das Stanniolblatt *T* liegt, dessen Rand rechts über die Glasplatte geschlagen ist, *C* und *D* zwei Klötze, wie sie bei den lichtbogenfreien Blitzableitern der Strafsenbahnen benutzt werden, und *S* eine kleine Funkenstrecke. *C* und *D* stehen mit *A* und *B* in leitender Verbindung. Der Klotz hat in der Stellung *D* Contakt mit dem Stanniol, in *D'* nicht. War die Glasplatte ganz rein und der Klotz rechts in der Stellung *D*, so traten noch kräftige Funken zwischen *D* und *C* bei 21,6 cm Abstand auf, in der Stellung *D'* betrug die Funkenlänge nur 6,4 cm. Machte man aber auf der Glasplatte von einem Klotz zum anderen mit Bleistift einen Strich, so erhielt man in der Stellung *D* Funken von 75,6 cm Länge, in der Stellung *D'* solche von 44,5 cm. Wurts ist der Meinung, dafs infolge der Influenzwirkung des Stanniolblattes auf die andere Seite des Glases dort die Luftteilchen von der Glaswand abgestofsen werden, und dafs dadurch ein luftverdünnter Raum entstehe, der von einer gegebenen E. M. K. leichter durchschlagen werden könne als gewöhnliche Luft. Der Graphitstrich auf dem Glase wirke wie ein Rifs im Dielektricum.

H.-M.

---

2. Forschungen und Ergebnisse.

Gravitationsconstante und mittlere Dichtigkeit der Erde. F. Richarz und O. Krigar-Menzel haben in den *Ber. d. Berl. Ak. 1896*, *1305* die Resultate der Wägungen veröffentlicht, die in Spandau bei Berlin seit dem Jahre 1884 angestellt worden sind. Die schon früher beschriebene Methode (*Ber. Berl. Ak. 1893*, *163* und *Wied. Ann. 51*, *559; 1894*) bestand in der Anwendung einer Wage, an deren beide Schalen vermittelst je einer Stange von 226 cm Länge noch eine zweite, tiefer gelegene Schale gehängt war. Es wurde zunächst durch Kilogrammkugeln, die abwechselnd unten und oben aufgelegt waren, die Differenz der Schwere in den beiden Höhen ermittelt. Dabei war die Verschiedenheit des Auftriebs der Luft durch Hohlkugeln aus Platin zum gröfsten Teil compensiert. Die Differenz der Schwere betrug etwa 0,62 mg. Für die Gravitationsbestimmung wurde zwischen den oberen und unteren Schalen ein nahezu würfelförmiger Bleiklotz von fast 9 cbm Inhalt und mehr als 100 000 kg Masse aufgebaut, der den Platz bis auf einen kleinen Spielraum ausfüllte. Infolgedessen erschien die Gravitation am Ort der oberen Wagschalen um die Attraktion der Bleimasse vermehrt,

am Ort der unteren Wagschalen um dieselbe Gröfse vermindert. Die Zunahme an der unteren Wagschale wurde durch den Bleiklotz in eine Abnahme um 0,06 mg verwandelt. Aus der Verbindung der Resultate mit und ohne Bleiklotz ergab sich auf Grund einer eingehenden analytischen Rechnung die Gröfse der Attraktion des Bleiklotzes. Besondere Schwierigkeit machte die Elimination der Temperaturdifferenzen in den verschiedenen Höhen und der zeitlichen Temperaturschwankungen. Nach Ausschlufs dieser Störungen, die auch den wahrscheinlichen Fehler beeinflufsten, wurde für die Gravitationsconstante gefunden $G = (6{,}685 \pm 0{,}011) \, . \, 10^{-8} \, cm^3 \, g^{-2} \, sec^{-2}$ und für die Erddichtigkeit der Wert $D = (5{,}505 \pm 0{,}009) \, g \, cm^{-3}$. Es ist interessant, damit die „durch prinzipiell einwandfreie Methoden" früherer Beobachter gefundenen Resultate zu vergleichen. Es fanden Cavendish 5,45, Reich 5,49 und 5,58, Baily 5,67, Cornu und Baille 5,56 und 5,50 (alle mit der Drehwage), v. Jolly 5,692 (Wage mit langem Gehänge), J. Wilsing 5,577 (Pendelapparat), J. H. Poynting 5,4934 (Wage), C. V. Boys 5,5270 (Drehwage mit Quarzfaden). *P.*

Die Temperatur des Bunsenschen Blaubrenners ist von W. J. Waggener einer erneuten Messung unterzogen worden (*Wied. Ann. 58, 579; 1896*). Er benutzte Thermoelemente nach Le Chatelier, welche aus Platin und Platinrhodiumlegierung (90 Proz. Platin und 10 Proz. Rhodium) bestanden. Die Aichung erfolgte durch Vergleichung mit einem Normalelement der physikalisch-technischen Reichsanstalt, bei dem die Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft von der Temperatur mit Hülfe eines Luftthermometers durch Holborn und Wien bis auf 1500° bestimmt war; Temperaturen über 1500° wurden extrapoliert. Zur Erzeugung der Flamme diente ein Bunsenscher Brenner, dessen Speiserohr 1 cm Durchmesser hatte; die Höhe der Flamme betrug zwischen 12 und 13 cm. Um Schwankungen zu vermeiden, war sie in ein Holzgehäuse mit Glasfenstern zur Beobachtung eingeschlossen. Die Verschiebung der Thermoelemente in horizontaler und vertikaler Richtung geschah mit Hülfe zweier in Führungen laufender Schienen.

Waggener benutzte Thermoelemente von verschiedenen Formen, die alle das Gemeinsame hatten, dass sie in Bezug auf die Vertikalebene, welche durch die Contaktstelle des Thermoelements und die Flammenachse gelegt werden kann, vollkommen symmetrisch waren. Bei der am meisten benutzten Form bildeten die Drähte neben der Lötstelle eine gerade Linie, bei andern Formen waren sie hier halbkreisförmig oder auch spiralig gebogen und liefen dann parallel weiter. Da die elektromotorische Kraft des Thermoelements durch längeres Verweilen in der Flamme verändert wird, durfte die Lötstelle nur während der zur Messung gerade nötigen Zeit in der Flamme gelassen werden. Um den Einfluss der Wärmeleitung in den Drähten auf die Angaben der Thermoelemente festzustellen, wurden Elemente von 4 verschiedenen Drahtdicken (0,5; 0,2; 0,1; 0,05 mm) benutzt.

Die Hauptmessungen der Flammentemperatur erfolgten in verschiedenen Höhen über der Flammenbasis (von 0,1 bis 10 cm Höhe in Zwischenräumen von ca. 1 cm) und zwar a) im äusseren Mantelsaum, b) in der Mitte des Flammenmantels, c) im inneren Mantelsaum. Es ergab sich hierbei, dass die Elemente mit verschiedenen Drahtdicken in der That verschiedene Temperaturen ihrer Lötstellen zeigen; für das dünnste (0,05 mm) kommt diese der Flammentemperatur jedenfalls am nächsten. Die Messungen mit dem letztgenannten Elemente ergaben im äusseren Mantelsaum die höchste Temperatur zu 1724° in einer Höhe von ungefähr 2 cm über der Flammenbasis; in der Mitte des Flammenmantels war die höchste Temperatur 1611° in 1 cm Höhe, im innern Mantelsaum 1428° in ebenfalls etwa 1 cm Höhe über der Basis der Flamme. Die mit den drei anderen Elementen gemachten Messungen ergaben mit grösserer Drahtdicke entsprechend niedrigere Temperaturen.

Um nun eine angenäherte Vorstellung von der wirklichen Temperatur der Flamme zu erhalten, brachte Waggener die vier Elemente mit verschiedenen Drahtdicken unmittelbar nacheinander an möglichst genau dieselbe Stelle des äussern Mantelsaums und trug die so erhaltenen Temperaturen der Lötstellen graphisch als Ordinaten einer Kurve auf, deren Abscissen jene Drahtdicken bildeten. Es ergab sich eine ziemlich glatte Kurve, welche, wenn man sie unter Beibehaltung ihrer Krümmung bis zur Ordinate verlängert, die Tempe-

ratur ergiebt, welche ein Thermoelement von der Dicke 0 an der betreffenden Stelle der Flamme annehmen würde. Die so erhaltenen Temperaturen betrugen bei zwei Versuchsreihen 1770 und 1785°. Sie liegen nahe am Schmelzpunkt des Platins, wie ja auch bekannt ist, dass sehr dünne Platindrähte im Bunsenbrenner zu schmelzen beginnen. Es geht daraus hervor, dafs zur vollständigen thermoelektrischen Messung der Temperatur im Bunsenbrenner eine schwerer als Platin schmelzbare Metalllegierung benutzt werden muss. *Schk.*

Untersuchungen im ultraroten Spektralgebiet. — Die Absorptionsspektra fluorescierender Substanzen und ätherischer Öle für lange Wellen untersuchte B. Donath (*Wied. Ann. 58, 609; 1896*). Er benutzte ein Spektrometer mit einem Quarzprisma, bei dem nach dem Vorgange von Rubens (*Wied. Ann. 54, 476; 1895*) die Linsen des Collimators und Fernrohres durch Hohlspiegel ersetzt waren; die Minimumeinstellung erfolgte vermöge einer besonderen Vorrichtung automatisch. Die Intensität der Strahlung wurde mit Hülfe eines Linearbolometers, welches als festes Stück in das Fernrohr eingeschoben werden konnte, gemessen. Die Bolometerwiderstände bestanden aus Platin. Um das Verhältnis der bestrahlten Fläche zur Masse möglichst günstig zu gestalten, wurde ein 0,04 mm dicker Platindraht zwischen Achatwalzen zu einem Streifen von 0,17 mm Breite und 0,0074 mm Dicke ausgewalzt. Dieses Streifchen (5,08 Ω Widerstand) wurde auf der der Strahlung zugewandten Fläche über einer Terpentinölflamme berufst. Die den Bolometerzweigen gegenüberliegende Wheatstonesche Brücke wurde — um einen möglichst geringen Raum einzunehmen und die Wärmewirkung möglichst zu verringern — in Form eines Kreises von 18 cm Durchmesser hergestellt. Die Compensationswiderstände waren den Bolometerwiderständen völlig gleich und von demselben Material und derselben Gröfse; sie wurden lose in Quecksilbernäpfe eingesetzt. Als Galvanometer diente das von du Bois-Rubens (*Wied. Ann. 48, 236; 1893*) angegebene Instrument. Um vom Ablesefernrohr aus die Apparate einstellen zu können, benutzte Donath eine Transmissionsvorrichtung aus Schnüren, die auf leichten Gerüsten in angemessener Höhe weitergeführt waren. Auch die Richtmagnete des Galvanometers wurden auf diese Weise eingestellt.

Bei den Beobachtungen wurden die Strahlen einer glühenden Kalkplatte durch eine Linse auf den Spalt des Spektrometers conzentriert und passierten auf diesem Wege die jeweilig zu untersuchende Substanz, welche mit Hülfe eines besonderen, einem optischen Signale ähnlichen Apparats — auch vom Fernrohr aus — in den Gang der Strahlen eingeschaltet und durch andere Substanzen ersetzt werden konnte. Wenn keine Beobachtung stattfand, wurde (zur Vermeidung jeder Erwärmung) zwischen Lichtquelle und Spalt ein mit fliefsendem Wasser gefüllter hohler Metallschirm gebracht. Ebenso mufste vor Beginn der Messungen der Strom (3 Daniell) etwa eine Stunde eingeschaltet sein, damit die Erwärmung der Widerstände überall gleich wurde; erst dann wurde der Wasserschirm fortgezogen und der erste Ausschlag abgelesen. Die Messungen des Spektrums erfolgten meist in Zwischenräumen von 5 zu 5 Minuten, für Wellenlängen von 0,5 bis 2,7 μ; doch wurde das Spektrum mehrere Male durchlaufen und an jeder Stelle 6—8 correspondierende Messungen ausgeführt.

Die fluorescierenden Substanzen gelangten als Lösungen zwischen plangeschliffenen, 1 mm dicken Quarzplatten zur Untersuchung; und zwar wurden jedes Mal 2 ganz gleich dimensionierte Gefäfse hergestellt, von denen das zweite das Lösungsmittel allein erhielt. Bei beiden wurde die Durchstrahlung gemessen, indem die Gefäfse an jeder Beobachtungsstelle 6 bis 8 Mal gegen einander ausgewechselt wurden. Dadurch konnte nicht nur der von den Substanzen allein herrührende Absorptionsbetrag ermittelt, sondern auch der etwa durch Reflexion entstehende Fehler eliminiert werden.

Die bolometrische Untersuchung der fluorescierenden Körper Uranin, Eosin, Fluorescin und Aesculin ergab in dem sichtbaren Teile des Spektrums die dem Auge wahrnehmbaren Absorptionsstreifen, im Wärmespektrum bis zu $\lambda = 2,7\ \mu$ dagegen keinerlei Absorptionsstreifen. Das letztere war auch beim Chlorophyll der Fall; dagegen wies eine Chlorophylllösung von 3,2 mm Dicke von der sichtbaren Bande im Rot an bis zum Grün ein Gebiet dauernd starker Absorption auf, welche für das Auge absolut unsichtbar war.

Donath untersuchte auch die Absorptionsspektra einiger ätherischer Öle; dieselben wurden ebenfalls zwischen Quarzplatten gebracht und mit der freien Strahlung verglichen. Zunächst nahm Donath Öle, die nur aus C und H bestehen (Terpentinöl, Wachholderöl), dann solche, die auch O enthalten (Rosmarin-, Lavendel-, Sassafrasöl). Bis zur Wellenlänge 2,7 μ zeigen diese Öle zwei Maxima der Absorption, die, mit einander durch einen Streifen geringerer Absorption verbunden, bei allen die gleiche Lage aufweisen. Das Maximum des ersten Streifens besteht bei $\lambda = 1{,}69\ \mu$, das des zweiten bei $\lambda = 2{,}2\ \mu$. Der Gehalt an O bringt keine bemerkbare Veränderung hervor. Aber auch fette Öle (Olivenöl, Petroleum) zeigen genau dieselben Absorptionskurven wie die ätherischen Öle. Donath spricht auf Grund dieser eigentümlichen Gleichartigkeit der Absorptionsspektra aller Öle die Vermutung aus, dafs nur dem Gehalt an C und H ein Anteil an der absorbierenden Wirkung zukomme, wobei es gleichgiltig zu sein scheint, in welchem Verhältnis die beiden Elemente an einander gebunden sind. — Jedenfalls geht aus den Messungen hervor, dafs die absorbierten Wärmestrahlen ebenso wie die absorbierten Lichtstrahlen für jede Substanz charakteristisch sind.

Auf einem ganz andern Wege als dem eben beschriebenen untersucht E. F. Nichols (*Berl. Akad. Ber. 1896*; *S. 1183*) das Verhalten des Quarzes gegen langwellige Strahlung. Das von ihm angewandte Spektrometer besitzt auch die oben erwähnte Hohlspiegelvorrichtung mit der Modifikation, dafs vermöge eines an dem Prisma befestigten ebenen Spiegels die aus jenem austretenden Strahlen immer nach derselben Richtung geworfen wurden, sodafs das Fernrohr fest blieb und die Führung des Spektrums über das Gesichtsfeld durch Drehung des Prismas erreicht wurde. In dem — natürlich linsenlosen — Fernrohr befand sich ein Spalt; die hier austretenden Strahlen wurden durch eine Steinsalzlinse conzentriert und auf dem Flügel eines Radiometers im Brennpunkte vereinigt. Das Radiometer besitzt ein Glasgehäuse, welches durch einen Hahn mit einer Quecksilberluftpumpe dauernd in Verbindung bleibt und zwei seitliche Öffnungen hat, von denen die eine (für die eintretenden Strahlen bestimmte) durch eine Flufsspathplatte, die andere (zur Ablesung der Ablenkungen dienende) durch eine Spiegelglasplatte luftdicht verschlossen war. Im Innern dieses Gehäuses hängt an einem sehr dünnen Quarzfaden ein System von zwei kleinen, auf der Vorderseite geschwärzten Glimmerflügeln, die durch dünne Glasfäden zusammengehalten werden. In ihrer Mitte ist in der Verlängerung des Quarzfadens ein Glasfaden angebracht, der an seinem unteren Ende eine kleine Spiegelplatte trägt. Das Gewicht des ganzen Torsionssystems betrug nur 7 mg. Die Empfindlichkeit des Radiometers war derart, dafs Strahlen einer 6 m entfernten Kerze bei ihrem Auffallen auf einen der Flügel eine Ablenkung von 60 Theilstrichen an einer Millimeterskala in 1 m Entfernung erzeugten. Fielen die Strahlen auf beide Flügel zugleich, so war der Ausschlag geringer als 1 mm, ein Zeichen, wie genau sich beide Flügel in ihrer Wirkung compensierten.

Nichols untersuchte zunächst eine senkrecht zur optischen Achse geschliffene Quarzplatte in der Weise, dafs er die Intensität der von ihr reflektierten Strahlen nicht mit der direkten Strahlung, sondern der Bequemlichkeit wegen mit der Reflexion eines Silberspiegels — die bei Wellenlängen gröfser als 4 μ fast total ist — verglich. Der Einfallswinkel war 5°, das untersuchte Spektralgebiet ging von $\lambda = 4{,}5\ \mu$ bis $\lambda = 9\ \mu$. Es zeigte sich, dafs die Intensität der Reflexion von $\lambda = 4{,}5\ \mu$ zunächst ansteigt, bei $\lambda = 8{,}4\ \mu$ ein Maximum von 75 Proc. erreicht, dann bis zu einem Minimum von 51 Proc. bei $\lambda = 8{,}6\ \mu$ sinkt, dann zu einem zweiten Maximum bei $\lambda = 8{,}8\ \mu$ ansteigt, um von da bis $\lambda = 9\ \mu$ wieder zu fallen.

Um die Durchlässigkeit des Quarzes zu untersuchen, benutzte Nichols eine senkrecht zur optischen Achse geschliffene Platte von 18 μ Dicke; hier wurde die Intensität der durchgehenden Strahlung unmittelbar mit der direkten verglichen. Im Bereiche von $\lambda = 4{,}2\ \mu$ bis $\lambda = 7\ \mu$ zeigten sich fünf Maxima und vier Minima, von denen drei sehr scharf ausgeprägt sind. Von $\lambda = 7\ \mu$ an fällt die Intensitätskurve sehr schnell ab, bei $\lambda = 8{,}1\ \mu$ gingen kaum noch 0,5 Proc. der einfallenden Strahlung hindurch. Bis $\lambda = 9\ \mu$ konnte weiter keine messbare Menge durchgelassener Energie gefunden werden.

Aus den so gefundenen Zahlen für die Intensität der reflektierten und durchgehenden Strahlen berechnet Nichols mit der Cauchyschen Formel die Brechungsexponenten für die betreffenden Wellenlängen. Er findet — um nur einige Werte anzuführen — für $\lambda = 4,5\ \mu$ $n = 1,45$, für $\lambda = 7,4\ \mu$ $n = 1,00$, für $\lambda = 8,05\ \mu$ $n = 0,366$. Für Wellenlängen gröfser als 7,4 μ sind die Brechungsexponenten kleiner als 1. Daraus sowohl, als auch aus den in diesem Intervall gefundenen Werten für Reflexion und Absorption geht hervor, dafs der Quarz für Strahlen jener Wellenlängen sich wie ein metallischer Körper verhält.

Die hier gefundene Erscheinung, dafs Quarz für einen gewissen Teil des ultraroten Spektralgebiets metallische Absorption und Reflexion zeigt, führt Nichols in Verbindung mit H. Rubens (*Naturwiss. Rundschau XI, 545; 1896*) zu einer Methode, jene Strahlen von denen kürzerer Wellenlänge zu sondern und ihre Eigenschaften dann näher zu untersuchen. Auch die Ketteler-Helmholtzsche Dispersionstheorie führt zu der Annahme zweier metallisch wirkender Absorptionsstreifen im Ultrarot und im Ultraviolett in dem Falle, dafs innerhalb des dazwischen liegenden Spektralgebietes keine oder nur schwache Absorption vorhanden ist. Läfst man daher die von einer passenden Wärmequelle ausgehenden Strahlen an der Oberfläche eines jene Bedingung erfüllenden Körpers reflektieren, so wird man für die Strahlen, die den zwei Absorptionsstreifen entsprechen, metallische Reflexion erhalten, während alle andern Strahlen nur schwach reflektiert werden. Läfst man die Strahlen mehrmals an Spiegeln der betreffenden Substanz reflektieren, so werden die dem Absorptionsstreifen entsprechenden Strahlen durch die Reflexion nur wenig geschwächt und den schwächeren gegenüber noch mehr bevorzugt. Wählt man ferner auch eine Strahlenquelle, die diese Strahlen vorzugsweise enthält, so wird man nach dreimaliger Reflexion nur solche Strahlen in mefsbarem Betrage haben, die den beiden Absorptionsstreifen entsprechen. Da aber die ultravioletten Strahlen gegenüber den ultraroten von verschwindend geringer Intensität sind, so hat man es bei der beschriebenen Anordnung praktisch nur mit den letztgenannten zu thun.

Rubens und Nichols benutzten bei ihren Versuchen als Wärmequelle ein Platinblech, das auf der Vorderseite mit der betreffenden Substanz selbst (Quarz-, Flufsspatpulver) überzogen war und auf der Rückseite durch eine Gebläselampe erhitzt werden konnte. Die Strahlen wurden durch einen versilberten Hohlspiegel parallel gemacht, an drei Platten von Quarz bezw. Flufsspat reflektiert und dann durch einen zweiten Hohlspiegel in dem Collimatorspalt eines Spektroskops vereinigt. Das letztere besafs ebenfalls die anfangs erwähnte Hohlspiegelvorrichtung und auf dem Tische anstatt des Prismas ein aus ca. $^1/_5$ mm dicken Drähten gefertigtes Beugungsgitter, bei dem die Zwischenräume den Drahtdicken gleich gemacht waren, wodurch die geradzahligen Beugungsbilder ausfallen. An der Stelle des Fernrohrs befand sich ein Bolometer der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, dessen Platinstreifen durch Überziehen mit Platinmoor geschwärzt waren.

Aus der genau bestimmten Gitterconstante ergab sich für 1° Ablenkung im Beugungsspektrum eine Wellenlänge von 6,5 μ. Bei Quarz liessen sich sehr deutlich das Centralbild, sowie die Beugungsbilder erster und dritter Ordnung auf jeder Seite beobachten. Die Entfernung der Beugungsbilder erster Ordnung von dem Centralbild betrug 1° 22′, die der Bilder dritter Ordnung 4° 6′. Daraus ergab sich die mittlere Wellenlänge zu 8,87 μ bezw. 8,82 μ.

Bei dreimaliger Reflexion der von erhitztem Flufsspat ausgehenden Strahlen an Flufsspatflächen erhielt man nur 1 Promille der ursprünglichen Strahlung, und es bedurfte grofser Sorgfalt, um in dem Gitterspektrum nur die genaue Lage der Maxima erster Ordnung nachzuweisen. Dieselben waren 3° 45′ von der Mitte des Centralbildes entfernt, was einer mittleren Wellenlänge von 24,4 μ entspricht.

Die langen Wärmestrahlen zeigten merkwürdige Eigenschaften. Eine 2 mm dicke Platte aus Flufsspat absorbierte sie vollständig, eine 5 mm dicke Steinsalzplatte liefs nur 3 Proc., eine ebensolche aus Sylvin nur 5 Proc. davon hindurch. Die Verfasser konnten keine für diese Strahlen völlig durchlässigen Körper finden; am durchlässigsten war noch Chlorsilber, von dem eine 0,5 mm dicke Platte etwa 70 Proc. durchliefs, während eine $2^1/_2$ mm

dicke schon 75 Proc. absorbierte. Berufste man eine solche Chlorsilberplatte, so zeigte sich die Absorption nur um 5 Proc. gröfser als vorher, woraus hervorgeht, dafs Rufs für diese Strahlen nicht angenähert mehr als schwarzer Körper betrachtet werden kann. Die aus der Ketteler-Helmholtzschen Theorie berechneten Zahlen bleiben für Quarz um 10 Proc., für Flufsspat um 20 Proc. hinter den beobachteten zurück. Rubens und Nichols erklären dieses einmal durch die abnehmende Absorption des Platinmoors mit wachsender Wellenlänge, dann daraus, dafs schon bei der Emission die längeren Wellen gegen die kürzeren benachteiligt sind, weil das Maximum der Energieausstrahlung bei einer kleineren Wellenlänge als der der untersuchten Strahlen liegt. Beide Faktoren wirken dahin, dafs das Maximum etwas nach der Seite der kürzeren Wellenlänge zu verschoben wird. *Schk.*

Uranstrahlen und Johanniskäferlicht. Über neue Eigenschaften der Uranstrahlen (vgl. d. Zeitschr. *IX 190*) berichtet H. Becquerel in den *C. R. 123*, *855* (*1896*). Mehrere Uransalze, phosphorescierende und nicht phosphorescierende, wurden monatelang in eine doppelte Kiste aus dickem Blei eingeschlossen und an einem dunklen Ort aufbewahrt. Von Zeit zu Zeit wurde, ohne dafs Licht eindrang, eine Bleikassette mit einer photographischen Platte eingeführt. Die chemische Wirkung war nach sechs Monaten noch fast ebenso kräftig wie im Anfang, die Salze hatten also nicht aufgehört, wirksame Strahlen auszusenden, ein Verhalten, das alles übertrifft, was bisher von Phosphorescenzstrahlen bekannt war. Die Uranstrahlen haben ferner wie die Röntgenstrahlen die Eigenschaft, dafs nicht blofs sie selber, sondern auch die von ihnen durchsetzten Gase elektrisierte Körper entladen. Am wirksamsten war Uranmetall, bei dem die Entladungsgeschwindigkeit dreimal so grofs war wie bei Urankaliumsulfat. War das Uranmetall in schwarzes Papier gewickelt, so wurde die Wirkung auf die Luft in demselben Mafse geschwächt wie die direkte Wirkung auf das Elektroskop.

Ähnliche Eigenschaften, wie die der Uranstrahlen, hat H. Muraoka an dem Licht der Johanniskäfer nachgewiesen (*Wied. Ann. 59*, *773; 1896*). Die Umgebung der Stadt Kyoto in Japan ist um die Mitte des Monats Juni sehr reich an Johanniskäfern von ziemlicher Gröfse (13—15 mm). Die Versuche wurden in geschlossenen Holzkisten angestellt, in die eine grofse Zahl von Käfern (einige Hundert bis über 1000) zugleich mit der photographischen Platte gebracht wurden; die Expositionszeit betrug 2—3 Tage. Photographisch wirksam erwies sich nicht nur der Leuchtapparat, sondern der ganze Körper. Während die direkten Strahlen wie gewöhnliches Licht wirkten, zeigte dagegen das durch Karton- oder durch Kupferplatten gegangene Licht ähnliche Eigenschaften wie die Röntgenstrahlen oder die Becquerelschen Fluorescenzstrahlen. Die „filtrierten“ Strahlen gingen durch Metallplatten, Glas, Holz, Turmalin, Kalkspat, selbst durch Feldspat von 3 mm Dicke hindurch, und zwar zeigte sich wie bei den Röntgenstrahlen eine gewisse Abhängigkeit der Durchlässigkeit von dem spezifischen Gewicht. Liefs man durch schwarzes Papier filtrierte Strahlen durch Kartonplatten gehen, die mit kreisförmigen Ausschnitten versehen und unmittelbar auf die photographische Platte aufgelegt waren, so zeigte sich die Stelle unter dem Karton wenig angegriffen, die dem Ausschnitt entsprechende ganz geschwärzt. Diese Wirkung aber kehrte sich geradezu um, wenn auf die ausgeschnittene Kartonplatte noch eine unausgeschnittene Kartonplatte oder eine Metallplatte gelegt wurde; dann blieb die Ausschnittsstelle hell, während die von Karton bedeckten geschwärzt wurden. Diese überaus merkwürdige Erscheinung, die der Permeabilität des Eisens für magnetische Kraftlinien vergleichbar ist, wurde vom Verf. als Saugphänomen bezeichnet. Die filtrierten Strahlen zeigen sich ferner verschieden je nach der Substanz, durch die sie filtriert sind. Bei der Filtration durch Kupfer konnte kein Saugphänomen mit Kartonscheiben mehr hervorgerufen werden; bei Holzplatten zeigten sich die Fasern durchgängiger als die weichen Stellen, entgegengesetzt wie bei den durch Papier oder Karton filtrierten Strahlen. Im ganzen sind die filtrierten Strahlen mehr den Becquerelschen Fluorescenzstrahlen als den Röntgenschen ähnlich, sie scheinen zwischen beiden zu stehen und berechtigen zu dem Analogieschlufs, dafs auch die letzteren transversal sind. Der Verfasser spricht die Vermutung aus, dafs auch die Quelle der Röntgenstrahlen

in einer Filtration der Kathoden- bezw. Anodenstrahlen in der Glaswand zu suchen sei, und dafs beim weiteren Filtrieren durch Holz, Aluminium u. s. f. Strahlen von immer anderer Natur, möglicherweise immer homogener, erhalten werden.

Röntgenstrahlen. Über die entladende Wirkung der von Röntgenstrahlen getroffenen Luft auf ein Elektroskop hat E. Villari weitere Untersuchungen angestellt (*Rend. Acc. d. Lincei, V (2) 93, 1896; C. R. 123, 598; 1896*). Die Wirkung bleibt bestehen, wenn die bestrahlte Luft durch eine Glasröhre, und auch wenn sie durch eine zur Erde abgeleitete Bleiröhre geströmt ist. Ebenso verhalten sich Leuchtgas und Mischungen von Luft mit Äther- oder Schwefelkohlenstoffdämpfen, doch ist die Wirkung weniger kräftig. Dieselbe Eigenschaft erlangen die Gase auch, wenn sie, durch eine Glasröhre strömend, den elektrischen Funken eines mit Condensator versehenen Induktoriums ausgesetzt werden. Die Wirkung wächst fast auf das Doppelte, wenn in der Röhre vier Funkenstrecken angebracht sind. Die vom Funken durchsetzten Gase scheinen auch ein grösseres Wärmeleitungsvermögen anzunehmen; wenn in einer Röhre, die mit der Versuchsröhre verbunden war, eine Platinspirale durch einen Strom auf beginnende Rotglut erwärmt wurde, so verdunkelte sie sich wieder, wenn in der Versuchsröhre die Funken übersprangen. Andererseits wird die entladende Wirkung der Luft wieder aufgehoben, wenn man sie der elektrischen Ausströmung in einem Ozonerzeuger aussetzt. Es ist bemerkenswert, dafs auch Verbrennungsgase ihre entladende Wirkung auf einen Leiter vollständig verlieren, wenn man sie durch einen Ozonisator gehen läfst.

Über denselben Gegenstand haben J. J. Thomson und E. Rutherford Untersuchungen angestellt (*Phil. Mag. 1896 (5), vol. 42, 392*). Um den Zusammenhang der Röntgenstrahlung mit der Leitfähigkeit der Gase für Elektrizität aufzuklären, liefsen die Verfasser durch die Röhre, die das zu bestrahlende Gas durchströmte, einen elektrischen Strom gehen; schon wenige Zellen genügten, die Leitfähigkeit des durchstrahlten Gases wieder zu vermindern, ja es konnte ein bestimmtes Strommaximum ermittelt werden, bei welchem der Strom die Leitfähigkeit vollkommen zerstörte, so dafs also die Wirkungen beider sich gerade aufhoben. Der Strom erzeugte in dem Gase dieselbe Wirkung wie in einer sehr verdünnten Lösung eines Elektrolyten, das von Röntgenstrahlen durchsetzte Gas verhielt sich auch sonst in vieler Hinsicht ebenso wie eine solche Lösung. Die Messung des Strommaximums (bei „gesättigtem“ Strom) führte zu einer Schätzung der im bestrahlten Gase vorhandenen leitenden Teilchen; denn in diesem Fall ist die Zahl der von den Strahlen in der Zeiteinheit gebildeten leitenden Teilchen gleich der Menge des in derselben Zeit vom Strom zerstörten Elektrolyten. In einem bestimmten Fall wurde für Wasserstoff gefunden, dafs der Bruchteil des elektrolysierten Gases nur ein Dreibillionstel der Gesamtmasse betrage. Daher müssen Versuche, eine Druckänderung in den bestrahlten Gasen nachzuweisen, erfolglos bleiben. Die Geschwindigkeit der leitenden Teilchen wurde annähernd auf 0,33 cm/sec. bei einem Gefälle von 1 Volt / 1 cm geschätzt. Die Geschwindigkeit eines geladenen Atoms bei Atmosphärendruck beträgt nach der Gastheorie für Luft etwa 50 cm/sec. Hieraus wäre zu schliefsen dafs die geladenen Teilchen in den bestrahlten Gasen Complexe einer beträchtlichen Zahl von Molekeln sind. Eine Polarisation nach dem Durchgang des elektrischen Stroms liefs sich nicht nachweisen; andererseits konnte die elektrische Ladung eines Gases nur schwer auf die Metallelektroden abgegeben werden, aufser wenn das Metall bis zum Leuchten erhitzt war oder wenn es ultravioletten Strahlen ausgesetzt wurde, oder endlich, wenn das Gas vorher den Röntgenstrahlen ausgesetzt war. Die Verfasser halten es daher für wahrscheinlich, dafs das Gas selbst strahlt, nachdem es von Röntgenstrahlen durchsetzt worden ist.

Einen Demonstrationsversuch für die Zerstreuung einer elektrischen Ladung durch Röntgenstrahlen beschreibt Wehnelt in der *Naturw. Rundschau 1896 Nr. 52*. Man verbindet das Reibzeug einer Reibungselektrisiermaschine mit einer isoliert aufgestellten Metallkugel und nähert diese dem Conduktor der Maschine so weit, bis kräftige Funken überspringen. In etwa 50 cm Abstand vom Conduktor stellt man die Röntgenröhre auf und lässt die Strahlen auf ihn fallen, während die Maschine im Gange ist. Dann versagen die Funken

alsbald, treten jedoch sofort wieder auf, wenn man zwischen Conduktor und Röhre eine quadratische starke Bleiplatte von etwa 50 cm Seitenlänge einschiebt. Bei einer Influenzmaschine sind die Funken durch die Bestrahlung nicht gänzlich zu beseitigen, doch wird ihr Auftreten während der Belichtung bedeutend seltener. —

Über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf den Dampfstrahl hat F. Richarz Beobachtungen in *Wied. Ann. 59, 592 (1896)* veröffentlicht. Er knüpft daran an, dafs nach der sehr wahrscheinlichen Annahme von W. Giese und A. Schuster die Leitung der Elektrizität in Gasen durch dissociierte Atome (Ionen) erfolgt. Nun wird nach den Untersuchungen von R. v. Helmholtz und Richarz in einem Dampfstrahl verstärkte Nebelbildung erzeugt, wenn durch chemische oder elektrische Prozesse in der Luft oder in anderen Gasen isolierte Atome gebildet werden und in den Dampfstrahl gelangen. Hiernach erschien es sehr wahrscheinlich, dafs auch die Röntgenstrahlen die Condensation in einem Dampfstrahl vermehren. In der That war diese Wirkung mit einer Focusröhre (wie sie W. König, d. Ztschr. *IX 186*, beschrieben hat) leicht nachzuweisen. Um den Versuch einwandfrei zu machen, mufste der direkte Einflufs, den die plötzlichen Schwankungen der elektrischen Kraft bei der Entladung durch die Röhre auf den Dampfstrahl ausüben können, ausgeschlossen werden. Dies wurde durch einen grofsen mit Bleifolie beklebten Pappschirm erreicht, der in der Mitte ein kleines Aluminiumfenster trug. Auf der einen Seite des Fensters befand sich die Röntgenröhre, auf der andern die Dampfausströmungsöffnung. Das Überschlagen von Funken auf den Schirm wurde durch eine Glasplatte verhindert, die Metallbekleidung und das Aluminiumblech des Schirms waren zur Erde abgeleitet. Die so constatierte Wirkung ist wohl geeignet, neues Licht auf die Natur der Röntgenstrahlen zu werfen. Eine befriedigende Erklärung, in welcher Weise Ionen die Nebelbildung im Wasserdampf begünstigen, hat J. J. Thomson 1893 gegeben. Hiernach ist „die Bildung von Wassertropfen in dem starken elektrischen Felde der geladenen Atome von einer Abnahme der potentiellen Energie des Feldes begleitet, und diese Abnahme überwiegt über die Zunahme der potentiellen Energie, welche mit der Bildung der kleinsten Tröpfchen stets wegen der Oberflächenspannung verbunden ist". —

Eine selektive Absorption der Röntgenstrahlen hat A. Roiti nachgewiesen (*Rend. Acc. d. Linc. 5 (2) 153, 1896*). Nimmt man zwei einander gleiche rote Gläser, die ebensoviel Licht durchlassen wie zwei unter sich gleiche grüne Gläser, so zeigt sich, dafs ein System, das aus einem roten und einem grünen von diesen Gläsern besteht, weniger Licht durchläfst als jedes der gleichfarbigen Paare. Um ein ähnliches Verhalten, das auf eine Zusammengesetztheit der Röntgenstrahlung hindeuten würde, für diese nachzuweisen, wählte Roiti Substanzen von ungleichem Absorptionsvermögen, nämlich Kupfer, Aluminium und Zinn; die beiden ersten Metalle absorbierten die Strahlen, die von einer Aluminiumplatte ausgingen, in gleicher Stärke wie die von einer Platinplatte ausgehenden, während Zinn eine verschiedene Dicke haben mufste, um beide Strahlenarten gleich stark zu absorbieren. Bei einer bestimmten Versuchsanordnung ergaben 2 Kupferplatten (von je 0,1 mm Dicke), oder 8 Aluminiumscheiben (von je 0,75 mm), oder 16 Zinnblätter (von 0,021 mm) gleiche Werte. Auch konnte kein Unterschied wahrgenommen werden, wenn man eins dieser drei Systeme durch eins aus 1 Kupfer- und 4 Aluminiumscheiben ersetzte. Dagegen wurde das Feld dunkler bei der Zusammenstellung von 4 Aluminiumscheiben und 8 Zinnblättern, ebenso auch bei 1 Kupferscheibe und 8 Zinnblättern. Diese Wirkungen änderten sich nicht mit der Reihenfolge, in der die Metalle nacheinander von den Strahlen durchsetzt wurden. — Eine gleiche Untersuchung hat auch M'Clelland durchgeführt (*Proc. Roy. Soc. Vol. 60, 146; 1896*). Er mafs die Durchgängigkeit verschiedener Substanzen an der Geschwindigkeit, mit der ein geladenes Quadrantenelektrometer entladen wurde, wenn die Strahlen vorher durch andere Stoffe gegangen waren. Bei diesen Versuchen zeigte Glas keine selektive Absorption, bei Glimmer und Paraffin trat eine schwache, bei Fuchsin, Eosin, Fluoresceïn, Aesculin und Baryumsulfid eine ausgesprochene Wirkung ein, deutlich auch bei einigen Schirmen aus anderen fluorescierenden Substanzen, etwas geringer bei Wasser. M'Clelland verglich auch verschiedene

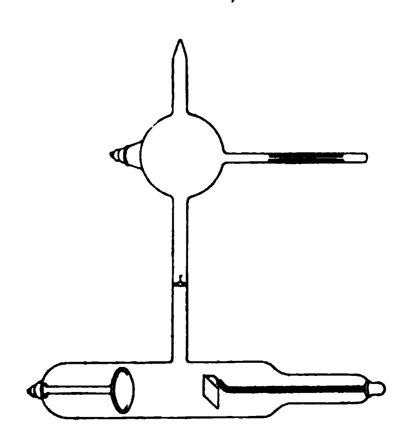
Röntgenröhren, indem er Zinnfolie als Vergleichsobjekt verwendete; er fand, dafs je wirksamer eine Röhre, desto weniger gleichmäfsig die von ihr ausgesandten Strahlen waren.

Die Wellenlänge der Röntgenstrahlen hat L. Fomm in München durch einen Interferenzversuch wenigstens der Gröfsenordnung nach bestimmt. Benutzt wurde eine birnförmige Röhre mit einem Funkeninduktor von 15 cm Maximalschlagweite. Die Röhre zeigte bei einer Entladungsspannung von etwa 30 mm den bekannten thalergrofsen intensiv grün leuchtenden Fluorescenzfleck. Aus der Stelle lebhaftester Fluorescenz wurde durch einen Messingspalt eine Lichtlinie von 0,5 mm Breite abgegrenzt und die von dieser ausgehenden divergenten Strahlen durch einen zweiten Spalt, den Beugungsspalt, von 2—0,1 mm Breite, geschickt und dann auf einer hochempfindlichen photographischen Platte aufgefangen. Bei jeder Versuchsanordnung wurde zur Controlle ein Beugungsbild mit blauem Lichte erzeugt. Es wurde ein durch die Dimensionen der jedesmaligen Versuchsanordnung bedingtes Spaltbild erhalten, zu dessen Seiten zwar keine Interferenzstreifen wahrzunehmen waren, das sich aber selbst von hellen und dunklen Linien durchzogen zeigte (wie man es bei gewöhnlichem Licht wahrnimmt, wenn der Beugungsspalt grofs gewählt wird). Bei diesen Aufnahmen war aber keine Berechnung der Wellenlänge möglich, da die Schärfe nicht ausreichend war, um Abstand und Zahl der Streifen zu messen. Später gelang es, die Anordnung so zu treffen, dafs in der Mitte des Spaltbildes ein erstes Minimum auftrat (wie auch bei gewöhnlichem Licht, wenn man die anfangs sehr enge Öffnung allmählich verbreitert). Bei weiterer Vergröfserung der beugenden Öffnung macht das Minimum einem Maximum Platz, wodurch zwei Minima entstehen u. s. f. Es war beim Auftreten des ersten Minimums der Abstand von Lichtquelle und beugender Öffnung 200 mm; der Abstand der letzteren von der auffangenden Platte 200 mm, die Spaltbreite 0,1 mm. Daraus ergab sich nach einer von Lommel angegebenen Formel die Wellenlänge $\lambda = 0{,}000014$ mm, also ungefähr 15 mal kleiner als die bisher untersuchte kleinste Wellenlänge im Ultraviolett. Da indessen bei so kleiner Wellenlänge der Abstand der ersten Minima sehr gering ist, so ist es nicht ganz sicher, ob man es bei dem Versuch wirklich mit dem ersten Minimum zu thun hatte. Der gefundene Wert wird daher von Fomm nur als obere Grenze für die bei der Versuchsröhre auftretenden Röntgenstrahlen bezeichnet. — Versuche in derselben Richtung von G. Sagnac (*C. R. 122 Nr. 13*), bei denen ein Drahtgitter benutzt wurde, ergaben als obere Grenze den Wert 0,0004 mm. Bei Beugungsversuchen mit zwei Spalten wurden von L. Calmette und G. T. L'huillier (*C. R. 122 Nr. 16*) ebenfalls helle und dunkle Streifen erhalten, doch geben sie nichts über die Gröfse von λ an.

Für die Regulierung des Vakuums der Röntgenröhren hat Dorn (*Elektrot. Ztschr. 1896, S. 706*) folgendes Verfahren angegeben. Man bringt in ein kleines Ansatzstück der Röhre ein wenig Ätzkali und treibt, sobald der Gasgehalt der Röhre zu gering zu werden anfängt, durch Erwärmen mit der Bunsenflamme etwas Wasserdampf aus dem Kali heraus, bis der richtige Gasdruck wieder hergestellt ist. Eine von B. Walter (*Elektrot. Ztschr. 1897, S. 10*) vorgeschlagene Abänderung dieses Verfahrens besteht darin, dafs man das Ansatzstück nicht blofs zeitweilig, sondern dauernd erwärmt. Die Erwärmung geschieht am besten auf galvanischem Wege, indem ein Platindraht von 30—40 cm Länge und 0,25 mm Dicke in Spiralform um das Ansatzrohr gewunden und zusammen mit einem regulierbaren Starkstromwiderstand von 8 Ohm in den Stromkreis von 3 Akkumulator eingeschaltet wird. Für das Arbeiten mit grofser Funkenstrecke, wobei die Röhre sich nicht selbstthätig erwärmt, kann man gleich den Erwärmungsstromkreis mit dem Widerstande schliefsen, den man dauernd nötig hat; bei kleiner Funkenstrecke hat man zunächst einen etwas stärkeren Erwärmungsstrom anzuwenden und diesen nach Einschaltung des Induktoriums etwas abzuschwächen. Man verlegt zweckmäfsig das Ansatzröhrchen an das Anodenende und leitet beim Arbeiten Anode und Spirale zur Erde ab.

Auf einem ähnlichen Prinzip beruht die neue Röntgenlampe von Siemens und Halske (D.R.P. 91 028). Wie nachstehende Figur zeigt, ist das cylindrische Ent'adungsrohr (das eine Hohlspiegelkathode aus Aluminiumblech und eine schräg zur Achse gestellte Platin-

Anode enthält) mit einer Kugel verbunden. Diese trägt eine Hülfs-Anode und ihr gegenüber ein Ansatzrohr, dessen Wandung mit einer zur Luftabsorption dienenden Phosphorschicht bedeckt ist. Ist der Luftdruck zu hoch (was man an zu schwachem Leuchten des Fluorescenzschirmes erkennt), so legt man den positiven Pol des Induktoriums an die Hülfselektrode und läfst den Entladungsstrom so lange auf die Luft und den Phosphordampf in der Kugel einwirken, bis das anfangs das Verbindungsrohr füllende blauweifse Licht zu einem dünnen Faden zusammenschrumpft. Einen zu niedrigen Luftdruck erkennt man an intermittierender Entladung und völligem Fehlen des blauen Lichts bei schwacher Fluorescenz des Schirmes; man erwärmt dann die Kugel mit einer Flamme und treibt dadurch die am Glase haftende Luft in das Vakuum. Die Strahlen der neuen Lampe lassen das Knochengerüst der Hand noch durch eine 2 mm dicke Messingplatte hindurch deutlich erkennen.



Auf eine andere Art wird demselben Übelstand nach Arnold Berliner (*E. T. Z. 1897, H. 6*) bei den Röntgenlampen der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft (vgl. d. Zeitschr. *IX 187*) abgeholfen. Die elektrostatische Ladung der inneren Wand der Röhre steht nämlich in direktem Zusammenhange mit den Veränderungen des Vakuums während der Versuche; es scheint, dafs die Wand die noch vorhandenen Gasmoleküle anzieht und dadurch eine zunehmende Verdünnung in der Mitte der Röhre hervorruft. Schon Porter hat daher (*Nature 1896, 18. Juni*) das die Kathode umschliefsende Glasrohr mit einer Stanniolbelegung umgeben und um diese in etwa 1 mm Abstand einen Kupferdraht gelegt, der mit der Kathodenzuführung leitend verbunden war. Ähnlich ist eine von Fomm angegebene und zum Patent angemeldete Vorrichtung, doch sind beide nur für geringe Spannungen brauchbar, bei höheren wird die Isolierung leicht durchschlagen. Nach Berliner hat man das cylindrische Kathodenende der Röntgenlampe mit einem der Wand anliegenden Holzrohr zu umgeben, dies vermittelt auch bei Benutzung grofser Funkenstrecken eine gleichmäfsige Ableitung der Wand zur Kathodenzuführung. Durch dieses Mittel gelang es, das leicht eintretende Flackern des Fluorescenzlichtes ganz zu beseitigen, und noch Röhren zur Strahlung zu veranlassen, die ohne dieses Mittel überhaupt keine Strahlen mehr gaben. Damit das Holz in gleichmäfsig leitungsfähigem Zustande bleibe, wird empfohlen, es mit Glycerin zu bestreichen, da dieses infolge der Wasseraufnahme aus der umgebenden Luft das Holz feucht erhält.

Eine Anwendung der Röntgenstrahlen für die Untersuchung tierischer und pflanzlicher Objekte hat E. Goldstein der Berl. Ak. der Wissenschaften (*Sits. Ber. 1896 S. 667*) vorgelegt. Die Aufnahmen haben vor den bisher üblichen dünnen Schnitten den Vorzug, dass sie den Inhalt einer grossen Zahl von Schnitten auf einmal perspektivisch zur Anschauung bringen. Die Verschiedenheit in der Durchlässigkeit ist bei den verschiedenen Geweben gross genug, um die Detailzeichnung deutlich hervortreten zu lassen. Auch schwach absorbierende Objekte, z. B. dünne Schichten organischer Gewebe, gestatten eine deutliche Wiedergabe, wie besonders die Abbildungen von zarten Blüten- und Laubblättern zeigen, die der Akademie vorgelegt wurden. Es eröffnet sich hiermit also ein neues Hülfsmittel auch für die biologische Forschung. *P.*

Über eine dämpfende Wirkung des magnetischen Feldes auf rotierenden Isolatoren berichtet W. Douane in *Wied. Ann.* (58, 517, 1896). Befestigt man eine Glasscheibe von ca. 4 cm Durchmesser zwischen den Polen eines Elektromagneten so an einem axial durchgehenden Seidenfaden, dass die Scheibe um diesen Faden zu oscillieren vermag, so zeigt sich, dass die Dämpfung der Schwingungen jedesmal grösser ist, sobald der Elektromagnet erregt wird, als wenn er nicht erregt wird. Auch ein Glascylinder von 3 cm Durchmesser und 1,2 cm Länge, oben und unten an 3 Seidenfäden befestigt, zeigte dieselbe Erscheinung; desgleichen

Cylinder aus Schwefel, Hartgummi, Paraffin und Quarz. Die Drehungsachse muss dabei immer senkrecht zu den Kraftlinien stehen; ist sie den Kraftlinien parallel, so bleibt die Dämpfung ungeändert. Ebenso bleibt die Erscheinung aus, wenn der Isolator sich im Felde bewegt, ohne sich zu drehen.

Durch eingehende Untersuchungen stellte Douane fest, dass die Ursache der Erscheinung weder in einem Einfluss des Magnetfeldes auf die Fäden, noch einem solchen auf die Luftreibung zu suchen ist; ebenso dass auch keine elektrostatischen Wirkungen freier Elektrizität oder Induktionsströme in den bewegten Cylindern in Frage kommen.

Da die Dämpfung bei kleinen Amplituden nicht grösser war als bei grossen (eher ein wenig umgekehrt), so konnte sie auch keine Wirkung permanenter Magnetisierung weder des isolierenden Stoffes selbst noch darin enthaltener Eisenteilchen sein. Für diamagnetische und paramagnetische Cylinder war die Dämpfungszunahme von derselben Grössenordnung. Bei verschiedenen magnetischen Feldern zeigte sich die Zunahme des logarithmischen Decrements der Schwingung proportional dem Quadrat der Feldstärke, bei verschiedenen Cylindern war sie umgekehrt proportional dem Quadrate des Radius. Es wird mithin auf einen im magnetischen Felde um eine senkrecht zu den Kraftlinien stehende Achse sich drehenden Isolator eine der Winkelgeschwindigkeit entgegengesetzte und ihr proportionale dämpfende Kraft ausgeübt. Eine befriedigende Erklärung der Erscheinung ist dem Verfasser noch nicht gelungen. *Schk.*

Änderung elektrischer Leitungsfähigkeit durch elektrische Einflüsse. Die von Branly (*d. Ztschr. VIII 99*) gefundene Erscheinung, dass Metallfeilicht seine Leitungsfähigkeit ändert, sobald es einer elektrischen Bestrahlung ausgesetzt wird, macht C. Fromme (*Wied. Ann. 58, S. 96, 1896*) zum Gegenstand einer näheren Untersuchung. Er findet, dass Feilspäne verschiedener Metalle, in einen Stromkreis eingeschaltet, zunächst fast gar keine Leitungsfähigkeit besitzen, während diese augenblicklich einen sehr hohen Wert erreicht, sobald die elektrischen Funken einer Holtzschen Maschine oder eines Induktoriums, wenn auch aus grosser Entfernung, auf das Feilicht wirken. Durch Erschütterung sinkt die Leitungsfähigkeit auf einen constanten Wert, ja bis auf Null; wiederholte Erschütterung indefs kann sowohl Zunahme, wie Abnahme der Leitungsfähigkeit hervorrufen. Auf einer Glasplatte in dünner Schicht ausgebreitete Feilspäne zeigten bei mikroskopischer Beobachtung, sobald in der Nähe elektrische Entladungen stattfanden, keine Bewegung, obgleich hohe Leitungsfähigkeit eintrat. Diese blieb oft während starker Erschütterungen constant, wurde aber durch unmittelbare Berührung der Spänchen, etwa mit einer Messerspitze, sehr verändert. Fromme knetete ferner Zinkfeilspäne in Wachs ein und fand auch hierbei eine Einwirkung der elektrischen Bestrahlung auf die Leitungsfähigkeit. Erschütterungen hatten auf diesen Wachskörper keinen Einfluss, dagegen brachte eine nur geringe Temperaturerhöhung (Berühren mit der Hand) die Leitungsfähigkeit bedeutend herunter; durch elektrische Einwirkung stieg sie sogleich wieder auf ihr Maximum. Eine Temperaturerhöhung von 4° genügte, um den Körper vorübergehend aus einem guten Leiter zu einem Isolator zu machen, bei stärkerer Erwärmung wurde die Erscheinung unregelmässiger. Fromme schiebt diese Einwirkung der Temperaturerhöhung auf die starke Ausdehnung des Wachses und die daraus folgende Vergrösserung der Entfernung zwischen den eingebetteten Metallteilchen. *Schk.*

---

3. Geschichte.

James Watt. Eine geschichtliche Studie über den Erfinder der Dampfmaschine, auf Grund eines in der 37. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure zu Stuttgart 1896 gehaltenen Vortrages, hat Prof. Ad. Ernst als besondere Schrift[1]) veröffentlicht. Der Verfasser tritt dem verbreiteten, durch populäre Darstellungen genährten Vorurteil entgegen, als ob die grofsen Erfindungen der heutigen Kultur zumeist nur glücklichen Zufallsgedanken entsprungen

[1]) James Watt und die Grundlagen des modernen Dampfmaschinenbaues. Mit dem Bildnis von James Watt und 27 Textfiguren. Berlin, Julius Springer, 1897. 106 S. M. 2.

seien. Er will durch Mitteilung der mühevollen, rastlosen Arbeiten Watts den Wahn zerstören, dafs auf technischem Gebiete die Spielerei eines Knaben genüge, um die Wende einer Kulturepoche herbeizuführen. Man sieht sofort, welche Wichtigkeit diese Auffassung für den physikalischen Unterricht hat, der sich nicht mit oberflächlicher, anekdotenhafter Behandlung begnügen darf, sondern einen Einblick in die geistige Arbeit gewähren soll, durch die jene Erfindungen zu stande kamen. Wir entnehmen der vortrefflich geschriebenen, auch als Lektüre für reifere Schüler empfehlenswerten Schrift die folgenden Angaben, die in dem Buche ausführlicher dargelegt und durch eine Anzahl den Quellen entnommener Figuren erläutert werden.

Zur gründlichen Beschäftigung mit dem Dampfmaschinenproblem veranlafst wurde James Watt, bereits jahrelang Universitätsmechaniker in Glasgow, im Jahre 1764 durch den anscheinend von ihm selbst angeregten Auftrag, das Modell einer Newcomenschen Maschine für die Universitätssammlung in stand zu setzen. Er war genötigt, sich alle wesentlichen Grundlagen zur Beurteilung selbst zu schaffen. Er erkannte, dafs das eingespritzte Kühlwasser im luftverdünnten Raum lebhaft verdampft und dadurch die Kolbenkraft beeinträchtigt; er mafs die Änderungen des Dampfdruckes mit der Temperatur und stellte den Zusammenhang graphisch in einer Kurve dar, die von der Kurve der späteren Regnaultschen Werte nicht sehr erheblich abweicht. Um den Dampfverbrauch beurteilen zu können, ermittelte er das bis dahin nicht bekannte Verhältnis des Dampfvolums zu dem der Wassermenge, aus der es entsteht, und fand die Zahl 1727. Endlich wurde er durch die Gröfse der Wassermenge, die zur Condensation des Wasserdampfes im Cylinder erforderlich war, zur Feststellung der Condensationswärme des Dampfes veranlafst, und fand, in heutigen Mafsen ausgedrückt, 534 Wärmeeinheiten; er ergänzte dadurch die gleichzeitigen Versuche von Black über denselben Gegenstand. Durch diese klare Erkenntnis der einzelnen Vorgänge in der Newcomenschen Maschine erhob sich Watt auf die höchste Stufe wissenschaftlich-technischer Forschung und ebnete sich den Boden für die nun folgenden wichtigen Verbesserungen. Der erste Schritt war die Trennung des Condensators, aus dem das Wasser nebst der Luft durch eine besondere Pumpe entfernt wurde. Ein zweiter war der Schutz des Dampfcylinders gegen Abkühlung, was durch völlige Umgebung mit einem Dampfmantel erreicht wurde. Drittens wurde, wie schon in der Patentschrift von 1769 angegeben, der Luftdruck durch die Spannkraft des Dampfes ersetzt.

Durch Existenzsorgen war Watt genötigt, fast sieben Jahre lang eine Stellung als Vermessungsingenieur anzunehmen, die ihm das kräftige Fortarbeiten an der Verbesserung der Dampfmaschine unmöglich machte. In dieser Zeit fand er jedoch in dem Grofsindustriellen Boulton einen bemittelten und verständnisvollen Helfer. In Soho bei Birmingham wurden 1774 die Versuche wieder aufgenommen und zahlreiche ältere Maschinen nach den neuen Grundsätzen umgebaut. Auch die Expansion des Dampfes wurde bereits 1778 verwendet. Als seine Lieblingsschöpfung bezeichnete Watt selbst die 1784 patentierte Führung mittels Storchschnabel-Parallelogramm und Lemniskatenlenker; besonders bemerkenswert ist auch die Regulierung durch Drosselklappe und Centrifugalregulator, und die Einführung des Begriffs der mechanischen Pferdestärke als Mafseinheit für die Leistung der Maschinen. Auch den Federindikator erfand Watt, um einen Einblick in die Arbeitsvorgänge des Dampfes innerhalb des Cylinders, namentlich bei der Expansion, zu gewinnen. Über die Gründe, aus denen Watt zeitlebens bei der Verwendung ganz niedriger Spannungen stehen blieb und sogar die Anwendung hohen Druckes heftig anfeindete, giebt der Verfasser höchst interessante Auseinandersetzungen.

Von anderweitigen Erfindungen Watts ist namentlich die Kopierpresse zu nennen. Ihm ist auch die Priorität der Erkenntnis der Zusammensetzung des Wassers zuzuerkennen, ferner ist die sinnreiche Methode zur Bestimmung des spezifischen Gewichts von Flüssigkeiten mittels eines U-förmig gebogenen Glasrohres, dessen Biegung ein Ansaugerohr trägt (*d. Zeitschr. V 114*), von ihm ersonnen worden. Von ganz besonderem Interesse ist, dafs von Watt auch der Grundgedanke des heutigen einheitlichen Mafs- und Gewichtssystems her-

rührt. Er schlug schon 1783 als Längeneinheit (wie Huygens) das Sekundenpendel, als Gewichtseinheit das Gewicht der Kubikeinheit Wasser vor. Der briefliche und persönliche Verkehr, in dem Watt mit dem französischen Gelehrten seiner Zeit stand, berechtigt zu der Annahme, dafs dieser Vorschlag nicht ohne Einflufs auf die Entscheidungen der französischen Kommission gewesen ist. *P.*

August Kekulé †. Von H. Landolt (*Ber. d. chem. Gesellsch. XXIX, S. 1971, 1896*). Die wissenschaftlichen Arbeiten des am 13. Juli 1896 im Alter von 67 Jahren dahingeschiedenen grofsen Forschers beginnen im Jahre 1854 mit der Entdeckung der Thiacetsäure, wobei sich Kekulé als Anhänger der damals gerade auftretenden Typenlehre bekennt. Diese letztere erhält eine bedeutende Förderung durch die — nach Kekulés Habilitation in Bonn 1856 — erschienene Abhandlung über das Knallquecksilber, in welcher er die Ansicht äufsert, dafs den bis dahin angenommenen Typen Chlorwasserstoff, Wasser und Ammoniak ein vierter, das Grubengas, anzureihen sei. Die nächsten Arbeiten beziehen sich auf die Theorie der Wertigkeit, an deren Aufstellung und Ausgestaltung Kekulé in hervorragendem Mafse beteiligt war. So stellt er in der Arbeit über die sogenannten gepaarten Verbindungen und die Theorie der mehratomigen Radikale den Begriff der gemischten Typen auf und kommt zuerst auf die Erkenntnis der verschiedenen Wertigkeit der Radikale. In der 1858 erschienenen Abhandlung „Über die Constitution und die Metamorphose der chemischen Verbindungen und über die chemische Natur des Kohlenstoffes“ geht Kekulé von der Wertigkeit der Radikale auf die der Elemente selbst über und zeigt einerseits, dafs die Zusammensetzung der 1 Atom Kohlenstoff enthaltenden Verbindungen dazu führt, den letzteren als vierwertig zu betrachten, andererseits, dafs die Verbindungsverhältnisse eines Complexes von Kohlenstoffatomen sich durch die Annahme erklären lassen, es seien die letzteren durch eine bestimmte Anzahl ihrer vier Anziehungseinheiten gegenseitig gebunden. Mit bescheidener Vorsicht wird diese Idee ausgesprochen und ihr nur der Charakter einer „Wahrscheinlichkeits- und Zweckmäfsigkeitsvorstellung“ gegeben. Nach seiner Berufung an die Universität in Gent, 1858, beginnt Kekulé die grofse Reihe von Untersuchungen über die organischen Säuren. Alsbald erscheint auch 1860—61 der erste Band des für alle nachher bearbeiteten Lehrbücher vorbildlich gebliebenen Lehrbuches der organischen Chemie, dem an Stelle des bisherigen auf die alten Berzeliusschen Radikale basierten Systems die Wertigkeitslehre im Gewande der Typentheorie zugrunde gelegt war, und in dem in überraschender Klarheit die Constitution sowie die Isomerieverhältnisse zahlreicher Kohlenstoffverbindungen dargelegt waren. Die zweite seiner epochemachenden Theorieen, die des Benzolringes, wurde im Jahre 1865 veröffentlicht. In der zuerst im Bulletin der Pariser chemischen Gesellschaft und nachher ausführlicher in Liebigs Annalen erschienenen Abhandlung „Untersuchungen über aromatische Verbindungen“ weist er zunächst darauf hin, dafs die mit diesem Namen bezeichneten Körper alle 6 oder mehr Atome Kohlenstoff enthalten und als Derivate des einfachsten derselben, des Benzols, aufgefafst werden können. Er erörtert dann nicht nur die zu besonderer Berühmtheit gelangte Hypothese, dafs die 6 Kohlenstoffatome ringförmig angeordnet und zwar abwechselnd durch eine und zwei Valenzen gebunden seien — sodafs durch Ersatz des zu jedem Kohlenstoffatom gehörigen Wasserstoffatoms durch andere Elemente oder Radikale eine grofse Anzahl aromatischer Verbindungen als Benzolderivate erscheinen —, sondern geht zugleich auf die Frage ein, ob die von den Wasserstoffatomen eingenommenen Orte alle chemisch gleichwertig seien oder nicht, und gelangt so zur weiteren Annahme, dafs alle derartigen Körper in drei isomeren Formen auftreten müssen. Alle diese Ideen, welche den Anstofs zu so grofsartigen Erfolgen sowohl in der reinen Wissenschaft wie in der Technik gegeben haben, werden nur mit Zurückhaltung geäufsert; die Abhandlung schliefst mit den Worten: „Ich lege diesen Betrachtungen nicht mehr Wert bei, als sie verdienen, und ich glaube, dafs noch viel Arbeitskraft aufgewendet werden mufs, bis derartige Spekulationen für etwas anderes gehalten werden können, als für mehr oder weniger elegante Hypothesen; aber ich glaube doch, dafs wenigstens versuchsweise Betrachtungen der Art in die Chemie eingeführt werden müssen“. Dem 25jäh-

rigen Bestehen der so fruchtbringenden Benzoltheorie galt die im Rathause am 11. März 1890 abgehaltene Kekulé-Feier; die geistvolle Rede Kekulés ist in den Berichten der chem. Gesellsch. *23*, *1302* niedergelegt. In der letzten Periode seines Schaffens, 1867—1896, als Professor in Bonn, widmete Kekulé seine Kraft zunächst dem neuerbauten chemischen Institut sowie weiteren teils selbständigen Untersuchungen — wie die über die Condensationsprodukte des Aldehyds —, teils in Gemeinschaft mit seinen Schülern ausgeführten Arbeiten. 1867 erscheint der erste Band der Chemie der Benzolderivate, dem später 1880 bis 1887 unter Hülfe von Mitarbeitern noch einzelne Lieferungen der beiden weiteren, unvollendet gebliebenen Bände nachfolgten. Als Lehrer war Kekulé von unvergleichlicher Klarheit und wufste meist das behandelte Thema spielend zu bewältigen. Zahlreiche Schüler strömten ihm zu, die zum Teil heute die ersten Lehrstellen der Chemie in Deutschland und auch im Auslande bekleiden. *O.*

---

4. Unterricht und Methode.

Freihand-Versuche. Von B. Schwalbe. Der in Frankfurt a. M. gehaltene Vortrag (vergl. *d. Ztschr. X 53*) ist in den *Unterrichtsblättern f. Math. u. Naturw. 1896 No. 6* veröffentlicht. Für die Leser dieser Zeitschrift werden besonders folgende Ausführungen von Interesse sein.

Freihand-Experimente sind Versuche, die sich fast ohne Kosten, jederzeit, von jedermann anstellen lassen und dabei geeignet sind, bestimmte Gesetze darzulegen oder gewisse Eigenschaften der Körper nachzuweisen.

Unter dem Titel „Home experiments“ sind in England Versuche bekannt, welche für die Jugend wie für den Erwachsenen, für den Laien wie für den Lehrer Interesse haben und sich zur Ausbildung in den exakten Wissenschaften wie zur Verwertung im Unterricht eignen. Es mag hier genannt werden: Home experiments in science for old and young, a repertory of simple experiments with home-made apparatus by T. O'Conor Sloane (London, Sampson Low); ja viele englische und amerikanische Unterrichtsbücher bauen sich ganz auf solchen Experimenten auf, ich erinnere nur an die „Primers“ von Roscoe, Balfour Stewart, an die Experimental Science series for beginners, aus welcher Sammlung hervorgehoben werden mag A. M. Mayer and Ch. Barnard: Light, a series of simple, entertaining and inexpensive experiments in the phenomena of light, for the use of students of every age (New-York); die Practical Physics for schools and the junior students of colleges (für Elektrizität etc., erschienen bei Macmillan) und viele andere Werke, die sich schon durch den Titel charakterisieren.

Auch in Frankreich hat man dieser Seite des Unterrichts eine gröfsere Aufmerksamkeit geschenkt als bei uns. Die Zeitschrift *La Nature* bringt fast in jedem Hefte einzelne Notizen und Mitteilungen unter verschiedenem Titel: Récréations scientifiques, Jouets scientifiques, La science pratique, Physique amusante, Jouets mécaniques, La chimie de l'amateur etc.; von diesen Versuchen sind sehr viele für unsere Verhältnisse brauchbar und können unmittelbar als Freihandexperimente bezeichnet und verwendet werden. Der Redakteur von La Nature, Herr Tissandier, hat in einem gröfseren Werke eine grofse Reihe von solchen Versuchen zusammengestellt und ausführlich beschrieben unter Beigabe von Illustrationen in dem von der französischen Akademie preisgekrönten Werke: La physique sans appareils et la chimie sans laboratoire (Masson, Paris), von dem bereits die 7. Auflage erschienen ist, ein Zeichen, wie sehr die Sache in Frankreich verbreitet und geschätzt wird. Es haben zu dieser Sammlung Ingenieure, Gelehrte, Lehrer, selbst Mitglieder des Instituts beigetragen, so dafs das Werk des Verfassers gewissermafsen der Sammelpunkt für Mitteilungen dieser Art geworden ist.

Bei uns finden sich nur wenige vereinzelte Mitteilungen. Man scheut sich, Sachen dieser Art in weitere Kreise zu bringen, weil der Anschein der Oberflächlichkeit dadurch erweckt werden kann und dieses Experimentieren wie das Experiment überhaupt vielfach als Spielerei betrachtet wird, und doch können gerade diese Versuche aufserordentlich anregend

und belehrend wirken. In einigen Spielbüchern, wie in Wagner: Der gelehrte Spielkamerad, findet sich eine kleine Zusammenstellung, in einzelnen Zeitschriften sind seitens einzelner Lehrer Mitteilungen gemacht und auch an Hochschulen (Jena bei Prof. Schäffer) haben diese einfachen Experimente eine Stätte gefunden.

Hierher mufs man auch jene Hülfsmittel rechnen, welche für das Selbstexperimentieren der Schüler geschaffen sind. Besonders erwähnenswert sind die Zusammenstellungen von Versuchen und Apparaten von Meiser & Mertig in Dresden, die auch bei sehr geringen Etatsmitteln für den Unterricht einer Anstalt gebraucht werden können.

Was die Methode der Verwendung dieser Versuche anbetrifft, so ist es hierbei nicht schwierig, bei sachgemäfser Anleitung denselben den Charakter der Spielerei fernzuhalten und so die bei uns entgegenstehende Abneigung als ungegründet zu beseitigen. Waren doch solche Experimente der Ausgangspunkt für den experimentellen Unterricht überhaupt und können sie doch als Grundlage im Einzelunterricht mit Zuhülfenahme der Anschauung viel compliziertere Apparate ersetzen. Schon Rousseau giebt uns in seinem Émile einige treffliche Beispiele. Die Art und Weise, wie er die Schätzung der Distanzen seinem Zögling beibringt (II. 141) und mathematische Geographie (Kosmogonie) und Volkswirtschaftslehre (III. 175, 204) mit ihm treibt, sind von hohem Interesse, besonders aber geben die physikalischen Betrachtungen, welche sich an den Versuch des bâton brisé (eines Stabes, der in Wasser unter verschiedenen Winkeln gehalten wird) und die Verwertung eines Spiegels (III. 219 ff.) anknüpfen, ein Bild des hohen pädagogischen Wertes solcher Versuche.

Wenn man in der Lage gewesen ist, Physik ohne Apparate unterrichten zu müssen, oder Physik auf einer Stufe erteilt, wo das Verständnis complizierterer Apparate ausgeschlossen ist, lernt man die Freihandexperimente schätzen, weiter ausbilden, neu ausdenken und so anwenden, dafs die Schüler nicht nur Kenntnisse erhalten, sondern zum Denken und zur Selbstthätigkeit angeregt werden. Kann man doch auch für den Unterricht auf den höheren Stufen vielfach physikalische Spielereien und Spielsachen verwerten und den Schülern den Zusammenhang der Erscheinungen zeigen, über die sie früher als Kinder staunten oder sich amüsierten. Seit Jahren habe ich solche Spielsachen gesammelt und verwende sie im Unterricht namentlich bei Repetitionen, so dafs die Schüler selbst die Erklärung finden.

Es giebt zwei Wege, die gleich empfehlenswert sind, den Stoff zu ordnen. Einmal kann man, um die Physik als Beispiel zu nehmen, von der systematischen Anordnung der Wissenschaft ausgehen; man stellt nach den einzelnen Gebieten: physikalische Mechanik, Molekularmechanik, Wärme, Akustik, Optik, Magnetismus, Elektrizität, mathematische Geographie, die betreffenden Versuche mit den Gesetzen, die durch sie begründet werden, zusammen. Einzelne Teile der Physik, wie die Molekularphysik der Flüssigkeiten, lassen sich vollständig durch Freihandexperimente erläutern, ebenso einzelne Teile der Optik, Wärme und Mechanik. Auch die Betrachtungen über das Beharrungsgesetz und über den Schwerpunkt eignen sich besonders dazu, wobei dann überall die Erfahrung, soweit sie dem Schüler zugänglich ist, hinzugenommen werden mufs.

Andrerseits kann man auch so verfahren, dafs man einen Körper oder einen physikalischen oder chemischen Vorgang als Ausgangspunkt nimmt und an diesen einzelne Gesetze und Veränderungen demonstriert oder die Eigenschaften untersucht. Welche Fülle von Versuchen läfst sich nicht mit einer Petroleumlampe, einer Wachs- oder Stearinkerze, einem Stück Eisendraht, einer Glasplatte, einem Stück Schwefel etc. anstellen; und zwar lassen sich alle in der Weise durchführen, dafs dadurch der Schüler bestimmtes Verständnis einzelner Erscheinungen oder Kenntnis bestimmter Eigenschaften erhält. Dieser Gang würde sich mehr für die chemischen, der zuerst erwähnte mehr für die physikalischen Unterweisungen eignen. Eine Gesamtdarstellung dieser Experimente für Chemie und Physik wird als Buch im Verlage von Otto Salle in Berlin erscheinen.

---

5. *Technik und mechanische Praxis.*

Pyrometer nach Chatelier. In der Praxis bewährt haben sich neuerdings die von Keiser und Schmidt in Berlin hergestellten Pyrometer unter Benutzung des Thermoelements von Chatelier. Dieses in der Platinschmelze von W. C. Heraeus in Hanau hergestellte Element ist aus zwei Drähten zusammengesetzt, von denen der eine aus reinem Platin, der andere aus einer Legierung von Platin mit 10% Rhodium besteht. Sie sind mit dem einen Ende zu einem Kügelchen von 1 mm Durchmesser zusammengeschmolzen, während die anderen Enden mit kupfernen Leitungsdrähten verbunden sind, die zu einem empfindlichen Galvanometer nach dem Prinzip Deprez-d'Arsonval führen. Das Thermoelement wird mit einer Chamotte- oder Porzellanröhre umgeben, und da es der Königl. Porzellanmanufaktur in Berlin gelungen ist, Porzellanröhren herzustellen, deren Schmelzpunkt über 1600° liegt, so lassen sich auch die Messungen bis zu dieser Temperatur ausführen Das Porzellanrohr dient gleichzeitig zum Schutz und zur Isolierung der beiden Drähte. Bei Messungen in Schweifsöfen genügte es auch nach Wedding (*Stahl und Eisen 1896, S. 603*), blosse Rohrstücke von gewöhnlichen Thonpfeifen über die Drähte zu ziehen und die Lötstellen durch eine Kapsel von Asbest zu schützen, sowie das ganze Element mit Asbestschnüren zu umwickeln. Ein besonderer Vorzug dieses Instruments ist, dafs die Ablesung am Galvanometer in beliebiger Entfernung vom Ofen stattfinden kann. Da jedoch der Widerstand der Leitung ein Ohm nicht erheblich überschreiten darf, so benutzt man bis auf 100 m Entfernung isolierte Kupferdrähte von 2 mm Dicke, und verwendet für gröfsere Entfernungen noch dickeren Draht. Die Verbindungsstellen von Kupfer und Platin werden nötigenfalls durch Wasser gekühlt, um die Entstehung von sekundären Thermoströmen zu verhüten. Die Instrumente werden von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geaicht. (*Prometheus 1896, No. 369.*)

Der Gülcher-Akkumulator. Eine Hauptschwierigkeit bei dem Bau der Sammler ist, die wirksame Masse so anzubringen, dafs die der Flüfsigkeit ausgesetzte Oberfläche möglichst grofs ist, und diese Masse so zu befestigen, dafs die innige Berührung zwischen ihr und der Platte mit der Zeit sich nicht verschlechtert. Herrn Gülcher (*E. T. Z. XVII 675, 1896*) ist es gelungen, eine Platte herzustellen, die diesen Anforderungen genügt. Der Träger der wirksamen Masse ist nicht ein Bleigitter, sondern ein Gewebe, dessen Kette aus Bleidrähten gebildet ist, während der Schufs aus äufserst feiner und elastischer Glaswolle besteht. Das Gewebe wird auf Webstühlen besonderer Bauart durch einfachen „Tuchbund" in der Breite der Elektroden hergestellt und dann in Stücke von der Länge der Elektroden zerschnitten. Hierauf werden die Bleidrähte oben und unten etwas blofsgelegt und in einer Giefsform um die frei stehenden Enden der Bleidrähte und um die beiden Seitenkanten ein Bleirahmen gegossen. Das obere Ende des Bleirahmens erhält in der Giefsform zwei Nasen zum Aufhängen der Elektroden und eine Fahne zur Verbindung mit den Endpolen des Elements. In diese gewebten mit Bleirahmen versehenen Träger wird die wirksame Masse in fein verteiltem Zustande zwischen den Gewebemaschen und Fasern der Glaswolle so eingebettet, dafs sie weder durch Gasentwicklung beim Überladen noch durch Erschütterungen herausfallen und Kurzschlüsse bilden kann. Die Masse bildet weder Blasen noch Buckel; auch ist ein Verkrümmen der Platte ausgeschlossen. Die dünnen und leichten Platten werden mit loser Glaswolle umwickelt, auf diese Art isoliert und elastisch gelagert, und in Abständen von 3 mm nebeneinander aufgehängt. Ein Element, das aus 8 positiven und 8 negativen Platten besteht, hat bei 12stündiger Entladung eine Kapazität von 120 A.-Stunden und wiegt in betriebsfertigem Zustande 10,7 kg. Es werden drei Gröfsen von Platten hergestellt: *A*, 10×15 cm²; *C*, 15×20 cm²; *E*, 20×30 cm²; alle sind nur 3 mm dick. Es beträgt bei 10—12-stündiger Entladung die Kapazität von einem Paar Platten für *A* 15, für *C* 30 und für *E* 60 A.-Stunden. Das Gewicht einer Platte ist für *A* 0,34, für *C* 0,66 und für *E* 1,36 kg. Die Sammler werden in der Gülcherschen-Akkumulatorenfabrik, Berlin NW Spenerstrasse 23, hergestellt. *H.-M.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Prinzipien der Wärmelehre. Historisch-kritisch entwickelt von E. Mach. VII und 470 S. mit 105 Figuren und 6 Porträts. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1896. M. 10, geb. M. 11.

Ein wahrer Schatz von historischer, physikalischer und erkenntnistheoretischer Belehrung wird in dem vorliegenden Werk von Mach geboten. Es kann gegen dogmatisches Einschlafen und Sichgehenlassen in alten überkommenen Vorstellungen kein besseres und nachhaltiger wirkendes Mittel geben, als eine historisch-kritische Untersuchung der Grundlagen, vorausgesetzt, dafs diese Untersuchung sich ebenso sehr von übereiltem Aufgeben älterer Lehrbegriffe als von blindem Eifer für die neu gewonnenen Anschauungen fern hält. Die vollkommene Beherrschung des Stoffes nach allen Richtungen hin, der feine Takt in der Unterscheidung des Wesentlichen von dem Unwesentlichen, die vollkommene Aufrichtigkeit in der Darlegung der Resultate seines ebenso eindringenden als besonnenen Denkens, die vollendete Kunst in der historischen Darstellung des Werdens und der Veränderungen der Lehrbegriffe, das Alles wird jedem sorgfältigen Leser des Machschen Buches Stunden des reinsten Genusses im Lernen und Erkennen bereiten, selbst da, wo er wie der Referent mit Mach nicht vollkommen übereinstimmt. Es kann ein eingehendes Studium dieses Buches allen Lehrern der Physik an Mittelschulen und Hochschulen nicht dringend genug empfohlen werden. Machs Wärmelehre, als würdiges Gegenstück zu seiner berühmten Mechanik, ist eines jener seltenen Bücher, das auf dem Schreibtisch keines Physikers fehlen sollte, um gelesen und immer wieder gelesen zu werden.

Eine Bitte möge uns der Verfasser für die ferneren Auflagen gestatten: seine Hülfskräfte zu einer sorgfältigeren Correktur des Druckes anzuhalten. Es sind eine Reihe unangenehmer Druckfehler auch in den Formeln stehen geblieben, die dem weniger geübten Leser das Studium des Werkes erschweren könnten. Der geistvolle Vertreter des ökonomischen Arbeitens auch in der Wissenschaft wird diesen Wunsch nicht übel vermerken. *Hans Jahn.*

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1894. Dargestellt von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin L. Jahrgang.

Abt. II, Physik des Äthers. Redigiert von R. Börnstein, 853 S., M. 30. Abt. III. Kosmische Physik, redigiert von R. Afsmann, 716 S., M. 25. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn.

Als im Januar 1896 die physikalische Gesellschaft ihr fünfzigjähriges Bestehen feierte, konnte als Hauptfestgabe der fünfzigste Band der Fortschritte der Physik seitens der Redakteure übergeben werden. In den ersten fünfzig Bänden, von denen nur noch zwei (1891 und 1892) ausstehen, die im nächsten Jahre erscheinen werden, hat die Gesellschaft ein Werk geschaffen, das für die Geschichte der Physik und die physikalische Forschung selbst von bleibendem Wert sein wird. Durch das grofse Entgegenkommen der Verlagshandlung wird es fortan möglich sein, dafs der Bericht über das verflossene Jahr in der möglichst kürzesten Frist vorliegt, so dafs von einem Zuspäterscheinen der Berichte nicht die Rede sein kann. Da möglichste Vollständigkeit angestrebt wird und in der That die physikalische Litteratur auf das umfangreichste und eingehendste benutzt wird, so ist es natürlich, dafs erst einige Zeit im neuen Jahre vergehen mufs, bis die zu berücksichtigende aus- und inländische Litteratur hat benutzt werden können. Einteilung und Methode der Berichte ist dieselbe geblieben. Für jeden, der das wissenschaftliche Studium der Physik betreiben oder der mit den Fortschritten der Wissenschaft sich bekannt erhalten will, ist das Werk notwendig und sollte auch in den Lehrerbibliotheken nicht fehlen, zumal es eine Reihe von Fachzeitschriften zu ersetzen vermag. Grade beim Beginn einer neuen Serie ist es leicht, die fortlaufenden Bände zu beschaffen, da ja künftig eine Doppelausgabe fortfällt. Möge das Werk die Verbreitung und Anerkennung finden, die es verdient. *Schw.*

Handbuch der analytischen Chemie. Von Dr. Al. Classen. I. Teil. Qualitative Analyse. 5. vermehrte und verbesserte Auflage, mit einer Spektraltafel, Stuttgart, Ferdinand Enke, 1896, 242 S., 6 M.

Die auch für die freiwillige Benutzung seitens vorgerückterer Schüler zu empfehlende Übersicht über die gesamte qualitative Analyse giebt eine klare Darstellung der Reaktionen im Anschlufs an bestimmte Verbindungen, und die Methode der qualitativen Untersuchung an. Daran schliefst sich die Untersuchung der Säuren (der zweite Teil, der die organischen Säuren, Alkaloide und andere organische Verbindungen umfafst, würde über den Kursus der Schule hinausgehen). Bei der Darstellung der Reaktionen sind, wie es allgemein geschieht, die Reaktionen der Metalle zu Grunde gelegt. Die Reaktionsvorgänge sind vielfach durch Formelgleichungen dargestellt. Als Ausgangspunkt dient in der Regel das Metall, während aber auch die Salze in vielen Fällen (Molybdän, Wolfram, Uran, Chrom etc.)

das Material der Prüfung bilden. Die Lötrohrproben sind eingehend berücksichtigt. Der Anhang, die Concentration der Reagentien behandelnd, ist ein willkommener Anhalt für die Herstellung der Lösungen. *Schw.*

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, W. Engelmann 1895 und 1896: No. 68. Das natürliche System der chemischen Elemente. Abhandlungen von Lothar Meyer und D. Mendelejeff, herausgeg. von K. Seubert. Mit 1 Tafel. 134 S. M. 2,40. — No. 69. J. Clerk Maxwell, Über Faradays Kraftlinien, herausgeg. von L. Boltzmann. 130 S. M. 2. — No. 70. Th. J. Seebeck, Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperaturdifferenz, herausgeg. von A. J. v. Öttingen. Mit 33 Textfiguren. 120 S. M. 2. — No. 72. G. Kirchhoff und R. Bunsen, Chemische Analyse durch Spektralbeobachtungen, herausgeg. von W. Ostwald. Mit 2 Tafeln und 7 Figuren. 74 S. M. 1,40. — No. 74. Claude Louis Berthollet, Untersuchungen über die Gesetze der Verwandtschaft, herausgeg. von W. Ostwald. 113 S. M. 1,80. — No. 75. Axel Gadolin, Abhandlung über die Herleitung aller krystallographischer Systeme aus einem einzigen Prinzipe, herausgeg. von P. Groth. Mit 26 Textfiguren und 3 Tafeln. 92 S. M. 1,50. — No. 76. F. E. Neumann, Theorie der doppelten Strahlenbrechung, abgeleitet aus den Gleichungen der Mechanik, herausgeg. von A. Wangerin. 52 S. M. 0,80. — No. 79. H. Helmholtz, Zwei hydrodynamische Abhandlungen, herausgeg. von A. Wangerin. 80 S. M. 1,20.

In No. 68 sind Abhandlungen von Lothar Meyer aus den Jahren 1864, 1868 und 1870, sowie von Mendelejeff aus den Jahren 1869—71 zusammengestellt, aus denen ersichtlich ist, welchen Anteil jeder dieser Forscher an der Aufstellung des natürlichen Systems der Elemente gehabt hat. In den Anmerkungen des Herausgebers wird auch auf die älteren Darlegungen von Chancourtois und von Newlands hingewiesen. — No. 69 enthält die erste gröfsere, aus den Jahren 1855 und 1856 stammende Abhandlung Maxwells über Kraftlinien. Maxwell wäre, wie Boltzmann in den Anmerkungen hervorhebt, nicht so oft mifsverstanden worden, wenn man das Studium nicht mit dem Treatise begonnen hätte, während die spezifisch Maxwellsche Methode in dessen früheren Abhandlungen viel klarer hervortritt. — No. 70 enthält die grundlegenden Untersuchungen Seebecks über Thermoelektrizität aus den Jahren 1822 und 1823. Die hier angegebene „magnetische Reihe“ stimmt fast genau mit dem Ergebnis späterer und viel genauerer Messung der thermoelektromotorischen Kräfte überein. — Die in No. 72 abgedruckten beiden Abhandlungen aus Poggendorffs Annalen Bd. 110 und 113 rühren dem Text und Inhalt nach wesentlich von Bunsen her. Über die Entdeckungsgeschichte der Spektralanalyse macht der Herausgeber nach unmittelbaren Mitteilungen Bunsens interessante nähere Angaben. — Die Abhandlung Berthollets in No. 74, aus dem Jahre VII der franz. Republik, bezieht sich auf die chemischen Massenwirkungen und bildet die Grundlage seines berühmten späteren Werkes über statique chimique. Die Ausgabe ist auf Grund einer älteren deutschen Übersetzung durch E. G. Fischer bewerkstelligt. — In der Abhandlung des finnländischen Mineralogen Gadolin in No. 75 wird der Nachweis geführt, dafs es bei Zugrundelegung des Hauyschen Satzes von der Rationalität der Parameterverhältnisse nur 32 Klassen von Krystallen geben könne. Dieses auch von Hessel und von Bravais für Polyeder im allgemeinen entwickelte Gesetz wird von Gadolin für Krystalle in sehr elementarer Art abgeleitet. — No. 76 enthält die erste hervorragende Arbeit Neumanns aus dem Gebiete der theoretischen Physik. Die von Fresnel beobachteten Erscheinungen der doppelten Brechung werden aus den von Navier aufgestellten Gleichungen für die kleinen Bewegungen in festen elastischen Körpern hergeleitet. — In No. 79 sind die beiden Abhandlungen von Helmholtz über Wirbelbewegungen (Crelle J. 1858) und über discontinuierliche Flüssigkeitsbewegungen (Ber. Berl. Ak. 1868) abgedruckt und mit längeren Erläuterungen des Herausgebers versehen. Von der ersten Arbeit führt eine continuierliche Reihe bis zu den neuesten Vorstellungen über die Wirbelnatur der Materie; in der zweiten wird die namentlich von Kirchhoff weiter entwickelte Theorie der Bildung von Strahlen in einer Flüssigkeit aufgestellt.

P.

Elektrizität und Licht. Einführung in die messende Elektrizitätslehre und Photometrie. Von Prof. Dr. O. Lehmann. Mit 220 Holzstichen und 3 Tafeln. Braunschweig, Friedrich Vieweg u. Sohn, 1895. XVI und 390 S. M. 7.

Das Werk war ursprünglich dazu bestimmt, einen Bestandteil der von demselben Verfasser neu bearbeiteten 6. Auflage von Fricks Physikalischer Technik (vgl. d. Zeitschr. IX 153) zu bilden. Es ist aus Zweckmäfsigkeitsgründen gesondert veröffentlicht und kann demnach als Ergänzung zu jedem Lehrbuch der Experimentalphysik dienen, das die elektrischen und magnetischen Messungen nicht eingehender behandelt. Es enthält den Stoff in folgender Reihenfolge angeordnet: Polstärke, Stromstärke, Elektrizitätsmenge, Spannung, Widerstand, Capazität, Induktion, Elektrische Schwin-

gungen, Elektrische Messung, Elektrolyse, Elektrische Entladungen, Lichtstärke. In einem Anhang ist noch eine Reihe von Hülfsberechnungen aus der Mechanik und der Elektrizitätstheorie zusammengestellt. Die Tafeln geben in farbiger Darstellung zahlreiche Abbildungen des Verlaufs von Kraft- und Stromlinien und einige Haupttypen von Ankerwicklungen für Dynamomaschinen. Das Buch bietet eine vortreffliche Einführung in die theoretischen und rechnerischen Grundlagen der elektrotechnischen Praxis wie auch in die bisherigen Kenntnisse von den Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität. Der Verfasser hat das Buch für den „elementaren Unterricht" bestimmt und demgemäfs geglaubt, von der Benutzung der C.G.S.-Einheiten absehen und mit dem Kilogramm als Krafteinheit rechnen zu müssen. Es scheint uns indessen kein zwingender Grund vorhanden zu sein, die absoluten Mafse grade auf dem Gebiet, für das sie aus sachlicher Nötigung erfunden worden sind, bei Seite zu schieben. Die Dyne ist ein verhältnismäfsig einfacher, der Anschauung leicht zugänglicher Begriff gegenüber den zahlreichen andern Begriffen, die in der Elektrizitätslehre eine Rolle spielen. Wem man zutraut, die letzteren richtig zu erfassen und mit ihnen zu arbeiten, dem kann auch das Rechnen nach Dynen statt nach Kilogrammen keine Schwierigkeiten machen. Überhaupt dürfte unter dem „elementaren Unterricht" der erste Unterricht an der technischen Hochschule zu verstehen sein, da das Buch über die Grenzen des Mittelschulunterrichtes weit hinausgeht. Für den Techniker aber ist aus noch ganz anderen prinzipiellen Gründen der engere Anschluss an die rein wissenschaftliche Grundlage der von ihm gebrauchten praktischen Einheiten wünschenswert und geboten. Eine andere Frage ist es, ob man das Rechnen nach Dynen auch in die Mechanik einführen soll; hier wird man, namentlich bezüglich des Unterrichts auf unsern Mittelschulen, den an anderer Stelle (vgl. d. Heft S. 77) dargelegten Ausführungen des Herrn Verfassers eher zustimmen können. Die angegebene Eigenart des Buches beeinträchtigt übrigens seine Brauchbarkeit nicht, da die Formeln, soweit sie sich überhaupt unterscheiden, durch Weglassung eines Faktors in die für das absolute System gültigen übergeführt werden können. *P.*

Lehrbuch der Experimentalphysik. Von Professor Dr. E. Lommel. Mit 430 Figuren im Text und einer Spektraltafel. 3. Auflage. Leipzig, Joh. Ambr. Barth (Arthur Meiner) 1896. XI und 556 S. M. 6,40.

Die 1. Auflage dieses Lehrbuches ist in d. Zeitschr. *VII 39* angezeigt worden. Die vorliegende 3. Auflage unterscheidet sich von jener nur durch geringfügige Änderungen. Hinzugefügt sind einige Angaben über die Röntgenschen Strahlen. *P.*

Lehrbuch der Experimentalphysik für Studierende. Von Professor Dr. E. Warburg. Mit 404 Original-Abbildungen im Text. 2. verbesserte Auflage. Freiburg i. B. u. Leipzig, J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), 1896. XX und 392 S. M. 7, geb. M. 8.

Diese 2. Auflage des bereits in d. Zeitschr. *VI 313* angezeigten Lehrbuchs stimmt bis auf einige kleinere Zusätze und Verbesserungen mit der 1. überein. *P.*

Dr. Joh. Müllers Grundrifs der Physik mit besonderer Berücksichtigung von Molekularphysik, Elektrotechnik und Meteorologie, für die oberen Klassen von Mittelschulen sowie für den elementaren Unterricht an Hochschulen und zum Selbstunterricht, bearbeitet von Prof. Dr. O. Lehmann. 14. völlig umgearbeitete Auflage. Mit 810 eingedruckten Abbildungen und zwei Tafeln. Braunschweig, Friedrich Vieweg u. Sohn, 1896. XXIV und 820 S. M. 7,50.

Das Buch hat unter den Händen des neuen Bearbeiters seinen Charakter völlig verändert; dies zeigt sich schon im Titel darin, dafs die Meteorologie hinter Molekularphysik und Elektrotechnik zurückgetreten, und demgemäfs im Buch selbst auf einen gegen früher bescheidenen Umfang eingeschränkt worden ist. Gleichzeitig ist im Titel neben die Bestimmung als Schulbuch und zum Selbstunterricht noch eine weitere, für den elementaren Unterricht an Hochschulen, getreten. In der That ist die letztere Bestimmung die am meisten für dies Buch charakteristische, es stellt sich durch Stoffauswahl und Behandlung an die Seite der Lehrbücher für den elementaren Kursus der Hochschule, deren in neuerer Zeit eine ganze Reihe erschienen ist. Auch neben diesen aber nimmt das Buch eine besondere Stellung ein, indem es den Stoff in einer den neuesten Entdeckungen und Anschauungen entsprechenden Weise gruppiert. Die Statik umfafst aufser dem Gleichgewicht fester, flüssiger, gasförmiger Körper und den Molekularwirkungen derselben drei Klassen auch noch die Thermostatik oder Lehre von den Zustandsänderungen durch Wärme; in der Dynamik werden unter Geodynamik auch die Schwingungen fester Körper, in der Hydrodynamik die Wasserwellen, in der Aërodynamik die Luftwellen behandelt, und auch die Thermodynamik ist in diesen Abschnitt gestellt. Bei den elektrischen Erscheinungen bilden die Beziehungen zu den verschiedenen Energiearten das Haupteinteilungsprinzip. Unter die physikalische Optik ist auch die Lehre von der strahlenden Energie, elektrische Wellen, Kathodenstrahlen, Röntgenstrahlen eingereiht. Die physiologische Optik

ist von der physikalischen Optik, ebenso die Lehre von den Schallempfindungen von den Schwingungsbewegungen völlig getrennt.

Sofern das Buch noch als Schulbuch in Betracht kommt, mögen einige Einzelheiten Erwähnung finden. Abweichend von den früheren Auflagen sind die Gesetze für die einfachen Maschinen direkt aus dem Energieprinzip abgeleitet, wogegen schon mehrfach in d. Ztschr. Einspruch erhoben worden ist. Die Fallgesetze sind aus der Constanz der Schwerkraft deduziert, was methodisch nicht zu billigen ist; das Gesetz $p = mg$ ist als drittes Fallgesetz bezeichnet, was historisch und sachlich wohl gleich unzulässig ist; die Vorstellung einer Schwungkraft wird als irrig bezeichnet, ohne dafs eine Aufklärung über das Wesen dieser Kraft gegeben wird, und obwohl Versuche und Gesetze darüber angeführt werden. Die Darlegungen über elektromotorische Kraft und Voltasche Säule hätten einer Umarbeitung bedurft, zumal Potential und Spannung ausführlich behandelt sind; hier stehen, wie öfter im Buch, Reste des alten Baues unvermittelt neben dem Neubau. Die Trennung des physiologischen von den physikalischen Teilen ist für die Schule nicht erwünscht, wo es grade darauf ankommt, die Beziehungen und Abgrenzungen beider Gebiete fortwährend kenntlich zu machen. Die völlige Trennung führt z. B. dazu, dafs die virtuellen Bilder bei Hohlspiegeln und Linsen an ganz anderer Stelle als die reellen Bilder behandelt werden. Dafs die elektrischen und magnetischen Messungen auch in diesem Buche des Verfassers nicht in absolutem Mafs, sondern mit dem kg als Krafteinheit ausgeführt sind, sei gleichfalls in diesem Zusammenhange erwähnt.

Andererseits mufs gesagt werden, dafs das Buch überaus inhaltreich ist und für Lehrer wie für Schüler eine Fülle von Anregung und Belehrung darbietet. *P.*

Leitfaden der Chemie und Mineralogie für Gymnasien. Von F. Humpert, Oberlehrer. Mit 32 in den Text gedruckten Figuren. Berlin bei Leonhard Simion 1896. VI und 47 S. Preis kart. 60 Pf.

Das Büchlein ist bestimmt, dem chemisch-mineralogischen Lehrgange, welchen die Lehrpläne von 1891 für die Sekunda des Gymnasiums vorschreiben, zu Grunde gelegt zu werden. In Bezug auf den Stoff ist die weise Beschränkung und im allgemeinen auch die Auswahl zu loben; zumeist sind nämlich Gegenstände besprochen, „die für Leben und Gewerbe von der grössten Wichtigkeit sind, und mit denen der Schüler fast täglich in Berührung kommt". Die behandelten Kapitel sind folgende: 1. die Luft, 2. das Wasser, 3. das Kochsalz, 4. Salpeter, Salpetersäure, Ammoniak, 5. Eisen und Eisenerze, 6. Quarz, Thonerde u. s. w., 7. Schwefel und Schwefelverbindungen, 8. Kohlenstoff, 9. Kohlensaurer Kalk, Gips, 10. Atomtheorie. — Leider hat das Streben des Verfassers, so schnell und so viel als möglich praktisch nützliche Kenntnisse mitzuteilen, in methodischer Hinsicht manche Mängel zur Folge. Man vermisst die schönen und so einfachen Versuche über das Verhalten der Metalle zu Sauerstoff und Schwefel, welche Arendt, E. Mach und andere an die Spitze stellen, und man hat Grund zu befürchten, dass der Schüler bei dem hier gewählten Unterrichtsgange minder leicht den Unterschied zwischen physikalischen und chemischen Vorgängen, zwischen Grundstoffen und Verbindungen begreifen wird, als wenn er im Anfange die Erzeugung und Zerlegung der metallischen Oxyde und Sulfide beobachtet hätte. Die Atomtheorie ist, so weit als nötig, behandelt. Als Ausgangspunkt dient das Gesetz von den Volumverhältnissen bei der Vereinigung gasförmiger Elemente zu gasförmigen Verbindungen, welches allerdings nicht scharf genug ausgesprochen ist, da die Definition des Begriffes „Einheitsraum" fehlt.

Die Beschreibungen der Krystallformen und der bekanntesten Mineralien sind an passenden Stellen eingefügt. Desgleichen werden die wichtigsten Gesteine aufgeführt. Dieselben werden in Eruptiv- und Schichtungsgesteine eingeteilt, wobei recht auffallend ist, dass einer der krystallinischen Schiefer, nämlich der Gneis, zu den ersteren, ein anderer aber, nämlich der Glimmerschiefer, zu den letzteren gerechnet wird. Schliesslich seien noch die zahlreichen Abbildungen, besonders die der Krystallformen mit eingezeichneten Achsen, lobend erwähnt. *J. Schiff.*

Praktische Geometrie auf dem Gymnasium. Von G. Degenhardt, Oberlehrer am K. Kaiser-Friedrichs-Gymnasium zu Frankfurt a. M. Joh. Chr. Hermann, Frankfurt a. M. 1896. 4°. 30 S.

Die Arbeit tritt für eine umfangreichere Verwertung der praktischen Feldmefsübungen im geometrischen Unterricht ein. Nach der Erfahrung des Verfassers ist die Zeit, welche auf die im Schulhof vorzunehmenden Messungen zu verwenden ist, „nicht grofs und lohnt sich reichlich durch das bei den Schülern geweckte Interesse". Der Verfasser teilt für jede Mefsaufgabe die Schüler in Gruppen, von denen jede eine Teiloperation zugewiesen erhält. Der mannigfaltige Inhalt der Schrift, der noch eine Einteilung nach Unter-, Mittel- und Oberstufe erfährt, gliedert sich in die folgenden 15 Paragraphen: Markieren und Messen von geraden Linien, Ohmanns Feld-Winkelmesser, Markierung und und Messung von Loten, Parallelen und Winkeln, Abstecken einer Geraden zwischen Hindernissen,

Errichten von Loten und Dreiteilung des Winkels ohne Winkelinstrument, Anwendungen der Proportionalität von Linien, Flächenmessungen, Trigonometrische Aufgaben, Nivellierung, Meſstischaufnahme, Aufzeichnen von Plänen im verjüngten Maſsstabe, andere Winkelmeſsinstrumente, andere Lot-Instrumente, Spiegelsextant, Vermessung in Stadt, Provinz und Staat. In den meisten dieser Abschnitte nehmen Aufgaben, denen die praktische Lösung, unter Beihülfe von drei Figurentafeln, beigefügt ist, den Hauptraum ein. Die Arbeit ist ein beachtenswerter Beitrag zur Methodik des geometrischen Unterrichts. *P.*

Ratgeber für Anfänger im Photographieren. Von Ludwig David, k. k. Artillerie-Hauptmann. Mit 80 Textbildern und 2 Tafeln. 4. neu bearbeitete Auflage. Halle, Wilhelm Knapp, 1896. IX u. 163 S. M. 1,50.

Dem Leitfaden sind in der neuen Auflage eine Anzahl Miniaturbildchen moderner Meister aus der wohlbekannten Kunstanstalt von F. Hanfstängl in München im Texte beigegeben. Da sowohl die Apparate wie auch die photographischen Operationen an der Hand der vielen eingestreuten Abbildungen eine sehr instruktive Beschreibung erfahren, kann diese Anleitung auch Schülern warm empfohlen werden. *O. Ohmann.*

Programm-Abhandlungen.

Ein Beitrag zur elementaren Theorie des Potentialbegriffes in der Elektrizitätslehre. Teil II: Elektrodynamik. Von Joseph Cremer. K. Gymnasium zu Cleve, Ostern 1896. Pr.-No. 428. 22 S.

Der I. Teil der Abhandlung ist in dieser Zeitschr. *VIII 110* besprochen worden. In dem vorliegenden II. Teil wird das Ohmsche Gesetz mit seinen Folgerungen behandelt, danach die Grundzüge der Lehre vom magnetischen Potential, insbesondere auch die magnetische Doppelschale, deren Anwendung auf die magnetischen Wirkungen des Stroms und auf die Festlegung der elektrischen Einheiten; dieser letztere Abschnitt ist im wesentlichen in der Weise dargestellt, die Mach in seinem Lehrbuch für obere Klassen (österreichische Ausgabe) angegeben hat, und die seither für andere Lehrbücher vorbildlich geworden ist. Nur glaubt der Verfasser im allgemeinen noch von den Kraftlinien absehen zu sollen, obwohl er ihnen für die Zukunft die Einführung in den Schulunterricht in Aussicht stellt. Auf unsern Gymnasien wird dieser letzte Abschnitt nicht eingehender behandelt werden können, wenn man nicht andere, für den elementaren Unterricht wichtigere Dinge darüber vernachlässigen will. Zu dem ersten Abschnitt sei bemerkt, daſs es wenig nützt, mit den alten Vorstellungen über Berührungselektrizität zu brechen, wenn man nicht statt dessen einigermaſsen klare Anschauungen über die Entstehung des galvanischen Stromes mitzuteilen vermag. Was soll man sich dabei denken, „daſs das Metall auf die Bestandteile einer binären Verbindung infolge der chemischen Affinität eine ungleiche polare Anziehung ausübt, wodurch der eine Bestandteil positiv, der andere negativ elektrisch wird"? Hier wäre es besser, auf eine Erklärung zu verzichten, oder aber an der geeigneten Stelle auf die Thatsachen hinzudeuten, die der neueren elektrochemischen Theorie zu grunde liegen. Auch der wichtige Satz, daſs die Stromstärke an jeder Stelle des Stromkreises dieselbe ist, fordert eine andere Darlegung als wir sie hier finden. Es ist ganz und gar nicht schulmäſsig, ihn aus der Natur der stationären Strömung zu folgern, er muſs vielmehr experimentell, aus der Gleichheit der magnetischen Wirkung, hergeleitet werden (vgl. Müller-Pfaundler, 9. Aufl. III 410). *P.*

Zur Behandlung der inneren Kräfte im physikalischen Unterricht der Prima. Von Prof. Dr. M. Nordmann. Festschrift des R.-G. in Halberstadt zur Erinnerung an das 350jährige Bestehen, 2. Teil, S. 21—44.

Es wird eine Anzahl einfacher Aufgaben über die Wirkung von Kräften auf starre Systeme mit ausschlieſslicher Zugrundelegung der Newtonschen Prinzipien behandelt. Die Einführung der inneren Kräfte wird aufs eingehendste erläutert und bei Systemen von zwei und drei festverbundenen Massenpunkten in Anwendung gebracht. Die Darlegungen gipfeln in der Aufgabe: die Zugspannungen an einem Dreieck zu ermitteln, wenn in dessen Ecken drei Massen angebracht sind, die der Wirkung von drei in der Dreiecksebene liegenden, beliebig gerichteten Kräften unterliegen. Die Auflösung führt auch zur Betrachtung des um einen Punkt drehbaren ebenen starren Systems unter der Einwirkung von zwei Kräften und zum Hebelgesetz, „hinter dessen Kulissen man hier gewissermaſsen sieht". Das vom Verfasser eingeschlagene Verfahren erscheint überaus geeignet, die Grundanschauungen zu vermitteln, ohne die an ein tieferes Eindringen in die theoretische Mechanik nicht gedacht werden kann. Auch ohne unmittelbaren Hinblick auf die Verwertung im Unterricht ist es interessant und der näheren Kenntnisnahme wert. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 16. September 1896. Herr P. Szymański trug eine einfache Theorie des Wechselstroms vor. Bei den Versuchen, die sich anschlossen, benutzte er einen Wechselstrom von 200 V. und 10 A. welche Gröfsen mit den Hitzdrahtinstrumenten von Hartmann & Braun gemessen wurden. Er zeigte, dafs jede Spule einen Selbstinduktionscoefficienten besitzt, der von dem Stoffe abhängt, welcher den Innenraum erfüllt. Schiebt man in die Spule einen Eisenkern, so wird der scheinbare Widerstand vergröfsert. Hält man an den Eisenkern ein Eisenblech, so kann man den Gang der Maschine hören. Die Spule stöfst einen Aluminiumring ab (Elihu Thomson). Stellt man vor das eine Ende des Kerns eine drehbare Eisenscheibe und nähert das eine Mal der oberen, das andere Mal der unteren Hälfte einen Eisenstab, so dreht sich die Scheibe im ersteren Falle nach links, im zweiten nach rechts. Er zeigte, dafs ein zweiphasiges Drehfeld entsteht, wenn man in einen Wechselstromkreis mit Selbstinduktion einen Widerstand ohne Selbstinduktion einschaltet, und dafs in einem dreiphasigen Drehfeld Eisenfeile und ebenso eine Kugel sich in umgekehrter Richtung wie das Feld des Motors drehen. Nach dem Vorgange von Elihu Thomson zeigte er die Bewegungen einer Schale, das Aufrichten eines Eies, eines Kreisels und einer Aluminiumscheibe im Drehfelde. — Derselbe entwarf mittels einer Projektionslampe, deren Kohlen mit Cadmiumchlorid und Magnesiumchlorid getränkt waren, mit Linsen aus Quarz und einem Prisma aus Kalkspath ein Spektrum und machte dessen ultravioletten Teil durch einen Bariumplatincyanürschirm in prächtiger Weise sichtbar. Er legte verschiedene Formen von Röntgenröhren vor, die von Siemens & Halske, die der A. E. G. und mehrere von ihm selbst hergestellte mit beweglichem Platinblech, die zum Teil mit Aluminiumkappen versehen waren. Er zeigte die Wirkung des elektrischen Lötkolbens von Zerener (d. Zeitschr. *IX 252*) und ein Wasserdilatometer von grofsen Abmessungen.

Sitzung am 26. Oktober 1896. Herr P. Heitchen zeigte und erklärte ein von ihm hergestelltes Galvanometer. In einem Messingrohr, an dem die Drahtspulen angebracht sind, hängt an einem Coconfaden, der an einem Torsionskopf befestigt ist, ein Magnetsystem, das aus zwei lotrechten Magneten besteht. An dem Magnetsystem sitzt ein dünner Draht, an dem ein langer wagrechter Zeiger befestigt ist, der über einer Skale in einem Glaskasten spielt. Das Galvanometer war in sinnreicher Weise mittels excentrischer Scheiben befestigt. Der Vortragende erläuterte die Verwendung der Richtmagnete und die bequemste Herstellung der Kreisteilungen. Er zeigte die Befestigung von Coconfäden mittels eines Wachskolophoniumkittes, der mit einem erwärmten zweischneidigen Kölbchen aufgetragen wird. Verbindet man einen Nickelin- und einen Eisendraht mit den Klemmen des Galvanometers und bringt man die freien Drahtenden zwischen den Fingerspitzen in Berührung, so zeigt das Instrument den Strom an, der durch die Handwärme entsteht. Schaltet man in den Stromkreis eines Bunsenelements den menschlichen Körper und das Galvanometer ein, so zeigt dies einen merklichen Ausschlag. Die Füllung des Bunsenelements geschah durch eine eigenartige Vorrichtung, die auf der Anwendung comprimierter Luft beruhte. — Derselbe zeigte und erklärte noch ein zweites Galvanometer, das er nach dem Vorbilde des Deprez-Instruments gebaut hatte, und dessen Empfindlichkeit sich bequem ändern liefs. Er erläuterte dann noch drei von ihm erdachte Quecksilberunterbrecher, einer davon wird jetzt von der Firma Keiser & Schmidt hergestellt, ein anderer gestattet, Induktor und Unterbrecher gleichzeitig einzuschalten. Er zeigte ferner einen einfachen Pachytropen für 16 Elemente und einen Widerstandsatz mit Widerständen, deren Ohmzahlen nach Potenzen von 2 fortschreiten. — Herr F. Körber machte auf das Farbenthermoskop von H. Rebenstorff aufmerksam (vgl. d. Zeitschr. *IX 227*).

Sitzung am 9. November 1896. Herr Lange hielt einen Vortrag über immerwährende Kalender. Er erwähnte die Arbeiten von Volckland, Felix Müller u. a. und erläuterte dann eingehend die verschiedenen Einrichtungen, die er dem immerwährenden Kalender gegeben hat. Er führte einige Tages- und Osterbestimmungen aus; eine der letzteren bestätigte er durch Berechnung des Osterdatums mittels der Gaufsischen Formel, die er in Verse gebracht hatte. Er setzte das Prinzip der Herstellung der immerwährenden Kalender auseinander und erläuterte die Tafeln zur Auffindung der Sonnencirkel und der Frühlingsvollmonde. — Herr P. Heitchen beschrieb eine einfache Heizvorrichtung für Influenzmaschinen. — Herr H. Hahn teilte mit, dass die Accumulatorenfabrik von W. A. Böse & Co. (Berlin S. O. Köpnickerstr. 154) Accumulatorenbatterieen, die aus ihren Fabriken stammen, zur Neuladung mit Wagen abholt und geladen wieder an die Besitzer zurückbefördert.

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts in Wien.

Sitzung am 1. Februar 1896. Herr H. Hartl aus Reichenberg demonstrierte eine Reihe von Apparaten für die Optik und den hydrostatischen Druck (d. Zeitschr. *IX 113, VIII 94, 204*), ferner Apparate für die Mechanik (*V 282, VI 74*).

Sitzung am 22. Februar 1896. Herr Rusch sprach über den elementaren Unterricht in der astronomischen Geographie. Er schliefst sich der Forderung an, dafs die Schüler zunächst lernen müssen, das Weltall vom geozentrischen Standpunkt zu betrachten. „Der Unterricht in der a. G. mufs Gelegenheitsunterricht werden"; das ganze Jahr hindurch sind die Schüler zu gelegentlichen Beobachtungen der Himmelserscheinungen anzuleiten. Die Betrachtung vom heliozentrischen Standpunkte aus sei Sache des physikalischen, nicht des geographischen Unterrichts. — Herr A. Höfler besprach Koppes astronomische Karte, und führte eine Reihe Projektionen astronomischer Objekte sowie ein verbessertes Exemplar seines Ekliptikapparates vor (beschrieben in der Vierteljahresschr. d. Vereins *I 99*, vgl. d. Zeitschr. *II 169*). Auf Antrag Höflers wurde auch eine Resolution angenommen: Die Unterrichtsverwaltung möge ausdrücklich gestatten, von dem Lehrstoff der Astronomie dasjenige schon in der vorletzten Klasse durchzunehmen, was für die im Mechanikunterricht dieser Klasse zur Sprache kommenden Begriffe und Sätze (Keplersche Gesetze, Centralbewegung, Präcession) unentbehrlich ist.

Sitzung am 21. März 1896. Herr Hlawaczek, Gesellschafter der Firma Lenoir und Forster, führte Versuche mit Vakuumröhren und Fluorescenzschirmen vor. — Herr V. v. Lang führte ein Experiment über Flammenspaltung nach amerikanischem Muster aus. Zwei Blechtrichter wurden durch ein Gummiband zu einem Gefäfs mit Zuflufs- und Brennerrohr verbunden, dann wurde das so gebildete Gefäfs mit Leuchtgas gefüllt und dieses oben entzündet. Nach Absperrung des Gashahnes trat die erforderliche Mischung von Leuchtgas und Luft und infolge davon die Spaltung der Flamme ein. Die nach unten gehende Flamme schlug endlich nach innen und veranlafste eine Explosion, die den oberen Trichter in die Höhe schnellte.

Sitzung am 26. März 1896. Der Glaskünstler Herr Woytaček demonstrierte den ganzen Vorgang bei Herstellung Hittorfscher Röhren. Die Herren Hinterberger und Kuhn fügten weitere Erläuterungen und Demonstrationen hinzu.

Sitzung am 9. Mai 1896. Herr A. Lampa sprach über die neue Demonstrationstechnik im Gebiete der elektrischen Oscillationen und führte Versuche unter Benutzung der Töplerschen zwanzigplattigen Influenzmaschine vor. Sechs kleinere Leydener Flaschen wurden je 3 parallel geschaltet und die Innenbelegungen je einer Flasche mit den Polen der Maschine verbunden, die zwischen den Aufsenbelegungen entstehenden Oscillationen durch einen Transformator geschickt, dessen primäre Spule drei Windungen dreifach aus 2 mm starkem Draht gewickelt, die sekundäre 20 Windungen von 1 mm starkem Draht enthielt. Der heruntertransformierte Wechselstrom brachte eine fünfkerzige 100 Volt-Glühlampe zu heller Rotglut, der hinauftransformierte lieferte die bekannten Lichterscheinungen in grofsem Glanze. Weitere Versuche über Wirkungen oscillierender Ströme schlossen sich an.

Sitzung am 24. Oktober 1896. Herr C. Reichl führte volumetrische Versuche aus dem chemischen Unterricht vor: die Auflösung von Chlorwasserstoff in Wasser, die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes der Luft durch Pyrogallussäure in der Stammerschen Röhre, die Bestimmung des Wasserdunstgehaltes der Luft mittelst Schwefelsäure, die Ermittelung des Kohlendioxydgehaltes der Luft. — Herr E. Maiss demonstrierte eine neue Form der Neumannschen Lichtbrechungsrinne, das Rebenstorffsche Farbenthermoskop und einen Versuch über Luftwägung mit Hülfe der Verdichtungspumpe.

Sitzung am 28. November 1896. Herr Mechaniker Steflitschek führte eine Anzahl neuer Apparate vor. — Herr Schweighofer zeigte einen einfachen constanten Gasentwicklungsapparat. — Herr Haas berichtete über den Ferienkurs im Januar 1896.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Neuer Projektionsapparat mit elektrischem Glühlicht.

Mitteilung aus der R. Fuefsschen Werkstätte in Steglitz b. Berlin.

Von C. Leiss.

Die Anwendbarkeit elektrischer Glühlampen der allgemein gebräuchlichen Typen als Leuchtquelle bei Projektionsapparaten war bisher nicht oder nur in höchst unvollkommenem Mafse möglich, denn eine gleichmäfsig erleuchtete Projektionsfläche wird, wie bekannt, nur dann erzielt, wenn die

von dem Beleuchtungssystem aufgenommenen Strahlen von einer nicht zu grofsen und in ihrer Ausdehnung gleich intensiven Lichtquelle herrühren. Dieser Bedingung genügen nun von den für Projektionszwecke in Frage kommenden Lichtarten am weitgehendsten das elektrische Bogenlicht, das Kalk- und Zirkonlicht, da bei diesen die Lichtquelle sich am meisten der Form eines leuchtenden Punktes nähert.

Da elektrische Projektionslampen für Bogenlicht den Preis eines Apparates erheblich verteuern und die Installationen für Erzeugung von Kalk- oder Zirkonlicht gleichfalls mit nicht unbedeutenden Kosten verknüpft sind, so lag der Wunsch oder das Bedürfnis nahe, — wenigstens für kleinere Apparate — eine leichter zu beschaffende und dabei angenehm und leicht zu handhabende Lichtquelle zu besitzen. Von verschiedenen Firmen wurden oder werden denn auch Projektionsapparate mit elektrischem Glühlicht angeboten; die ganz unzweckmäfsige Form des Glühfadens und die dadurch zu erzielende als durchaus mangelhaft zu bezeichnende Leistung des Apparates verhinderte aber bisher eine weitere Verbreitung solcher Apparate.

Eine elektrische Glühlampe mit einem Glühfaden in den üblichen Formen (auch die sogenannten Fokuslampen eingerechnet) würde in die Camera eines Projektionsapparates eingesetzt, auf dem Wandschirm stark vergröfsert und hell erleuchtet die Form des Glühfadens zur Abbildung bringen, dagegen würden alle übrigen Teile der Projektionsfläche viel weniger hell und ungleichmäfsig belichtet sein.

Figur 1 zeigt die Form einer neuen, der Firma R. Fuefs patentamtlich geschützten Glühspirale, wie solche bei den Glühlampen des in Figur 2 abgebildeten Projektionsapparates Verwendung finden und eine recht gleichartige Belichtung des Wandschirmes ermöglichen. Die sich verjüngende Spirale, deren gröfste Windung einen Durchmesser von ca. 12—15 mm hat, wirkt etwa wie eine leuchtende runde Fläche von angegebener Gröfse. Die Lichtstärke der neuen Lampe ist für 100 Kerzen eingerichtet.

Die Camera des Apparates (Fig. 2) ist aus Stahlblech gefertigt und an der hinteren sowie an der einen Seitenwand mit je einer Thüre versehen. Behufs Zentrierung der Lampe ist dieselbe vermittels des Griffknopfes k und des Stabes s_1 in zwei zu einander senkrechten Richtungen verschiebbar und aufserdem drehbar. Die Schraube s dient zur Fixierung des die Lampe tragenden Stabes s_1.

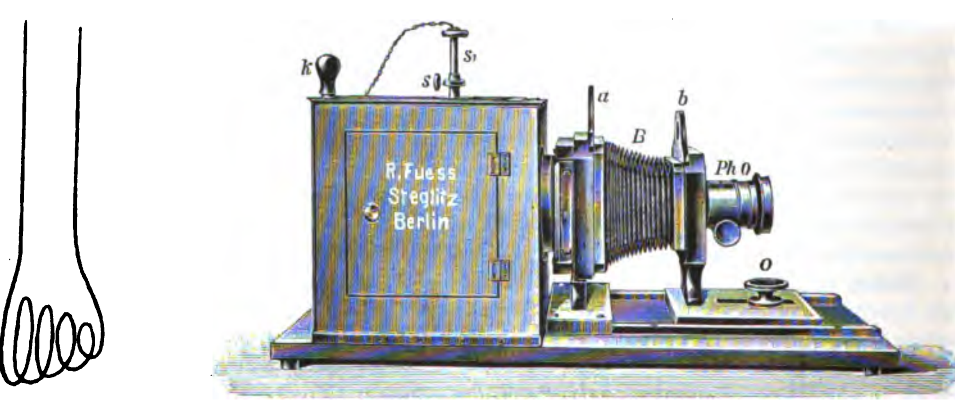


Fig. 1. Fig. 2.

Das Beleuchtungssystem, welches je nach Wunsch aus zwei oder drei Linsen combiniert ist, besitzt eine Öffnung von 105 mm Durchmesser und ist in die Vorderwand der Camera eingesetzt. Der mit Wechselvorrichtung versehene Bilderschieber wird unmittelbar vor dem Condensor zwischen zwei, an der hinteren Fläche eines Ständers befestigten, Kulissen eingeführt und durch Federung in jeder Stellung festgehalten. Für die grobe Einstellung des Projektionsobjektivs ist bei diesem Apparat eine Schlittenführung angewandt, welche durch Griffschraube o geklemmt werden kann.

Der Diapositivträger und der Träger für das Projektionsobjektiv sind durch den ausschaltbaren Anschlufsbalg B mit einander verbunden. Die Ausschaltung des Balges geschieht durch einfaches Herausziehen desselben vermittels der beiden mit den Griffen a und b versehenen Schiebebrettchen. Beim Wiedereinsetzen des Balges wird die richtige Stellung durch Anschläge markiert. Der Anschlufsbalg in Verbindung mit der Schlittenführung am Objektiv ermöglicht, dafs die sogenannte grobe Einstellung weitaus bequemer als in der bisher meist gebräuchlichen Art erfolgen kann. Die Einstellung ist bei dieser Construktion eine so sanfte, dafs bei nur einiger Geschicklichkeit eine be-

sondere Feinstellung am Objektiv überhaupt entbehrlich ist. Ein weiterer Vorzug ist, dafs man nach Entfernung des Anschlufsbalges auch die Umrisse undurchsichtiger Gegenstände objektiv darstellen kann. Ferner erlaubt die Construktion des Apparates, denselben auch zur Vergröfserung von Negativen zu verwenden. Ein gleichmäfsig erleuchtetes Feld bei den verschiedenen Vergröfserungen wird durch Verschieben der Glühlampe (Griff *k*) in axialer Richtung erzielt.

Neben diesem, speziell für Glühlicht eingerichteten Projektionsapparat fertigt die Firma Fuefs noch solche gleichartiger Construktion, welche für die Verwendung von elektrischem Bogenlicht, Kalk- oder Zirkonlicht und für Gasglühlicht und Petroleumlicht bestimmt sind. Aufserdem werden diese Apparate für die verschiedensten Bildgröfsen hergestellt.

Correspondenz.

Zu dem Aufsatze von Dr. P. Spies über die Rogetsche Spirale (Heft I S. 29) schreibt Herr Professor Dr. Dvořák in Agram:

„Herr Spies hat übersehen, dafs ich die Theorie der Rogetschen Spirale schon in der Zeitschr. f. Instrumentenkunde, 1892, S. 197, behandelt habe; es ist dort eine für Versuche besonders passende Form der Spirale beschrieben und abgebildet, wobei man den Einflufs der Selbstinduktion eines eingeschobenen Eisenstabes von der ponderomotorischen Wirkung („Einflufs der freien Enden“) fast vollständig trennen kann. Wie man leicht sieht, ist die Divergenz der Kraftlinien am Ende des Eisenstabes die Ursache des Kraftantriebes für eine den Stab umgebende Drahtwindung.“

Zur Behandlung des Mafssystemes im Physikunterricht wird von Dr. J. Kleinpeter in Prorsnitz (Mähren) in einer Mitteilung an den Herausgeber der folgende Vorschlag gemacht.

„Verfährt man beim Unterrichte so wie in der Wissenschaft, d. h. führt man beide Mafssysteme, das terrestrische und das absolute ein, so ergeben sich daraus folgende Mifsstände: Die abgeleiteten Einheiten, die Masseneinheit im terrestrischen, die Krafteinheit im absoluten System, haben den Nachteil einer sehr geringen Anschaulichkeit, und die blofse Thatsache des Nebeneinanderbestehens zweier Mafssysteme genügt schon an und für sich, das Verständnis gründlich zu erschweren. Diesen Übelständen läfst sich abhelfen, wenn man darauf verrichtet, die Constante in der definierenden Gleichung $= 1$ zu setzen, d. h. wenn man nicht schreibt $p = m \cdot \gamma$, sondern

$$\gamma = 9{,}8\,\frac{p}{m}\,.$$

Ergiebt sich doch in dieser Form die Gleichung unmittelbar aus Versuchen an der Fallmaschine oder der Fallrinne! Ich denke mir dabei den Gang des Unterrichts derart, dafs zunächst die gleichförmige Bewegung und der Fall an der Atwoodschen Maschine (oder auf der schiefen Ebene) rein kinematisch behandelt werden, hierauf auf die Ursachen beider Bewegungen eingegangen wird, wobei sich das Trägheitsgesetz, sowie das in obiger Gleichung ausgesprochene ergiebt. p und m müssen so beide nach gleichem Mafse, etwa kg, gemessen werden. Durch Versuche an einer Fallröhre oder mit isochronen Pendeln aus verschiedener Materie wird das Gesetz verallgemeinert. Es gilt allerdings zunächst nur für den Beobachtungsort und nur für die Schwerkraft, gerade das aber ist als Vorteil zu betrachten. Kommt man zur Besprechung der Thatsache, dass die Beschleunigung der Schwere nicht constant ist, so ergiebt sich aus der Gleichung die Verschiedenheit von p und die Notwendigkeit, dasselbe durch Angabe des Ortes weiter zu definieren, was jetzt keiner Schwierigkeit mehr begegnen wird. Kommt man zu andern Kräften, so wird es sich in der Mechanik immer empfehlen, ebenso wie in der Technik, die terrestrische Einheit 1 kg zu Grunde zu legen. Man erreicht dann aber den nicht zu unterschätzenden Vorteil, Kraft und Masse durch gleiche Zahlen ausgedrückt zu erhalten. Natürlich müssen die anderen Gleichungen der Mechanik in analoger Weise umgeformt werden. Handelt es sich um elektrische Kräfte, so kann man, wenn man will, noch immer den Anschlufs an das absolute System herstellen, es hindert aber nichts im Ausdruck des Coulombschen Gesetzes, statt 1 eine andere Constante einzusetzen. Die Hauptsache bleiben doch die praktischen Einheiten und diese wird man, wie in der Technik, durch ihre empirischen Definitionen einführen.“

Himmelserscheinungen im April und Mai 1897.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ⊙ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	März				April						Mai						
Monatstag	16	21	26	31	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	
Helio-centrische Längen.	304°	322	341	4	31	61	92	122	149	171	191	208	224	238	252	266	☿
	149	157	165	173	181	189	197	205	213	221	229	237	245	253	261	269	♀
	176	181	186	191	196	201	206	211	215	220	225	230	235	240	244	249	♁
	125	127	129	131	134	136	138	140	143	145	147	149	151	153	156	158	♂
	157	157	158	158	158	159	159	160	160	160	161	161	162	162	162	163	♃
	236	236	236	236	236	236	236	237	237	237	237	237	237	238	238	238	♄
Aufst. Knoten.	313	313	313	312	312	312	312	311	311	311	311	310	310	310	309	309	☾
Mittl. Länge.	150	216	282	348	54	119	185	251	317	23	89	155	221	286	352	58	☾
Geo-centrische Rekt-ascensionen.	146	213	290	351	48	114	179	254	326	21	84	149	215	295	357	54	☾
	344	352	0	9	18	28	37	45	53	58	61	62	61	59	57	55	☿
	35	38	40	42	42	42	41	39	36	34	31	29	28	28	29	31	♀
	356	1	6	10	15	19	24	28	33	38	43	48	52	57	62	68	⊙
	87	90	92	95	98	100	103	106	109	112	115	118	121	124	127	130	♂
	155	155	154	154	153	153	153	153	153	153	153	153	153	154	154	154	♃
	239	239	239	239	239	238	238	238	237	237	237	236	236	236	235	235	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	+13	−19	−21	− 0	+23	+23	− 4	−27	−12	+14	+27	+11	−19	−23	+ 3	+24	☾
	− 9	− 6	− 2	+ 3	+ 7	+12	+16	+19	+22	+23	+23	+23	+21	+19	+17	+16	☿
	+19	+20	+22	+23	+23	+23	+23	+22	+21	+19	+17	+15	+13	+12	+11	+11	♀
	− 2	+ 0	+ 2	+ 4	+ 6	+ 8	+10	+12	+13	+15	+16	+18	+19	+20	+21	+22	⊙
	+26	+26	+26	+25	+25	+25	+25	+25	+24	+24	+23	+23	+22	+21	+21	+20	♂
	+12	+12	+12	+12	+12	+12	+13	+13	+13	+13	+13	+12	+12	+12	+12	+12	♃
	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−17	−17	−17	−17	♄
Aufgang.	18h 11m	17.59	17.48	17.36	17.24	17.13	17.2	16.51	16.40	16.30	16.21	16.12	16.4	15.57	15.51	15.46	⊙
	3h 7m	10.41	15.50	17.0	18.24	23.17	4.57	12.23	14.46	15.46	18.41	23.41 *	7.2	12.17	13.27	15.2	☾
Untergang.	6h 5m	6.14	6.22	6.31	6.40	6.48	6.57	7.6	7.14	7.23	7.32	7.40	7.48	7.55	8.2	8.8	⊙
	17h 23m	18.46	23.52	4.59	11.0	14.51	16.9	19.1	0.21	6.25	11.46	13.46	15.11	20.43	1.52	7.47	☾
Zeitglchg.	+ 8m 40s	+ 7.10	+ 5.38	+ 4.7	+ 2.38	+ 1.14	− 0.4	− 1.13	− 2.11	− 2.56	− 3.28	− 3.46	− 3.50	− 3.41	− 3.17	− 2.41	⊙

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

April	1	17h 24m	Neumond		Mai	1	9h 46m	Neumond
	4	15	Mond in Erdferne			1	20	Mond in Erdferne
	9	21 27	Erstes Viertel			9	10 37	Erstes Viertel
	16	19 25	Vollmond			15	20	Mond in Erdnähe
	17	10	Mond in Erdnähe			16	2 55	Vollmond
	23	10 48	Letztes Viertel			22	22 35	Letztes Viertel
						29	30	Mond in Erdferne
						31	1 26	Neumond

			☿	♀	♂	♃	♄
Aufgang der Planeten.	April	15	17h 24m	16.44	20.43	1.21	9.52
	Mai	16	16. 17	14.58	20.16	23.22	7.38
Untergang der Planeten.	April	15	8. 24	9.28	13.50	15.47	18.42
	Mai	16	8. 30	5.28	12.41	13.46	16.34

Constellationen. April 1 16h ☿ in oberer Sonnen-Conjunktion, wird Abendstern; 1 23h ☿ ☌ ☾; 4 13h ♀ ☌ ☾; 8 22h ♂ ☌ ☾; 12 9h ☿ in Sonnennähe; 13 0h ♃ ☌ ☾; 16 22h ☿ ☌ ♀, ☿ 5° 13′ südlicher; 19 0h ♄ ☌ ☾; 28 4h ☿ in größter östlicher Ausweichung; 28 7h ♀ in unterer Sonnen-Conjunktion, wird Morgenstern. — Mai 1 0h ♀ ☌ ☾; 3 5h ☿ ☌ ☾; 7 11h ♂ ☌ ☾; 10 9h ♃ ☌ ☾; 16 8h ♄ ☌ ☾; 17 18h ♄ ☍ ⊙; 20 20h ☿ in unterer Sonnen-Conjunktion, wird Morgenstern; 21 15h ♃ □ ⊙; 21 18h ♂ in Sonnenferne; 26 9h ☿ in Sonnenferne; 28 0h ♀ ☌ ☾; 30 1h ☿ ☌ ☾.

Jupitermonde. April: I. 7 9h 33m A; 14 11h 27m A; 21 13h 22m A; 28 15h 17m A; 30 9h 46m A. — II. 11 9h 25m A; 18 12h 0m A; 25 14h 36m A. — III. 10 9h 39m M, h. D. 1h 41m; 17 13h 38m M, h. D. 1h 40m. — IV. Keine sichtbare Verfinsterung. — Mai: I. 7 11h 41m A; 23 10h 0m A; 30 11h 55m A. — II. 13 9h 4m A; 20 11h 40m A. — III. 23 9h 34m M, h. D. 1h 39m. — IV. 20 11h 20m M, h. D. 1h 59m.

Veränderliche Sterne. Gut sichtbare Algols-Minima treten nicht mehr ein. Die Beobachtung der übrigen Veränderlichen wird allmählich durch die zunehmende Dämmerung erschwert. Die Sterne in *Lyra*, *Hercules* u. s. w. stehen abends recht gut.

Meteore. April-Maximum durch Fehlen des abendlichen Mondscheines begünstigt. — Die Auffindung des **Zodiakallichtes** gelingt schon im April nur mehr dem Geübteren.

* Bezieht sich auf den vorhergehenden Tag.

J. Plaßmann, Warendorf.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

X. Jahrgang. **Drittes Heft.** Mai 1897.

Neue Nebenapparate für die Schwungmaschine.

Von
Hans Hartl in Reichenberg (Deutschböhmen).

I. Vorrichtungen für Präzisionsversuche zur Bestätigung der Fliehkraft-Formeln.

Die Figur 1 zeigt eine Abänderung der bekannten Vorrichtung mit zwei Cylindern aus Kork und Pockholz oder mit den beiden aneinander geketteten Messingkugeln. Diese Abänderung hat den Vorzug, das Gesetz, dafs die Fliehkraft bei bestimmter Umdrehungszeit von dem Massenmomente $m\,r$ abhängig ist, ebenso genau als anschaulich und bequem zur Darstellung zu bringen. Durch die Löcher $n\,n$ des Gestelles g, das mit dem Stifte b auf die Schwungmaschine gesetzt wird, ist ein teilweise mit Schraubengewinde versehener, starker Messingdraht a gesteckt. Auf demselben können Messingscheiben von gleichem Gewichte (25 g), welche das Muttergewinde tragen, an beliebiger

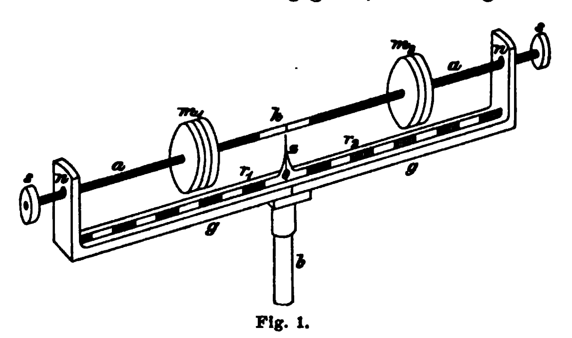


Fig. 1.

Stelle eingestellt werden. An den Enden des Drahtes werden die Schraubenmuttern $S\,S$ festgeschraubt, welche die Bewegung des Drahtes nach beiden Seiten begrenzen. Vor Beginn des Versuches wird der Draht stets so eingestellt, dafs die seine Mitte markierende Rille k mit der Zeigerspitze Z übereinstimmt. Diese Spitze liegt genau in der Rotationsachse und bildet den Nullpunkt des auf dem Gestelle aufgeschraubten, nach Centimetern rot-weifsgestrichenen Mafsstabes. Da bei dieser Einstellung aus Gründen der Symmetrie die Fliehkräfte des Drahtes nicht in Betracht kommen, so sind bei den Versuchen über Fliehkraft lediglich die aufgeschraubten Messingscheiben in Rechnung zu ziehen. Bringt man rechts und links von k je eine Scheibe an, so ist bei eingeleiteter Rotation Gleichgewicht, wenn auch die an der Centimeterskala abzulesenden Rotationsradien gleich sind. Sind diese dagegen ungleich, so ist die Fliehkraft der am gröfseren Radius rotierenden Masse gröfser, und der mit den Scheiben belastete Draht wird nach der Seite dieser Masse geschleudert. — Verwendet man verschiedene Massen (etwa links drei, rechts zwei Scheiben), so zeigt bei gleichem Rotationsradius die gröfsere Masse die gröfsere Fliehkraft. Um die Fliehkräfte beiderseits gleich zu machen, mufs man die Massen so anordnen, dafs sie sich umgekehrt verhalten wie ihre Rotationsradien, dafs also die Massenmomente in Bezug auf die Rotationsachse einander gleich sind. Da der Vorrichtung 5 Scheiben beigegeben sind, so kann der Versuch vierfach: mit 1 und 4, mit 2 und 3, mit 1 und 2, mit 1 und 3 Scheiben, angestellt werden. Auch

kann der Versuch so variiert werden, wie in Fig. 2 b. (Preis des Apparates einschl. der Scheiben M. 10.)

Die Figuren 2 a und 2 b zeigen eine Vorrichtung zum gleichen Zwecke, die jedoch eine noch gröfsere Empfindlichkeit besitzt, und bei welcher die Einstellung auf gleiche Massenmomente durch den Apparat selbst angegeben wird. Dieser Apparat besteht aus einer auf die Schwungmaschine aufzusetzenden eisernen Säule *s*, an welcher bei *O* der leicht drehbare Messingarm *a* angebracht ist. Durch Anziehen der rückwärts befindlichen Flügelschraube *f* kann dieser Arm in jeder Lage fixiert werden. Das Ende *c* des Armes *a* ist zweifach rechtwinklig umgebogen und trägt zwischen Körnerspitzen eine Achse *c*, durch welche der mit Schraubengewinden versehene starke Messingdraht *d* geht, an welchem die Scheibengewichte von je 25 g Gewicht an beliebiger Stelle angebracht werden können. — Stellt man den Arm *a* zunächst vertikal aufwärts und belastet man den Draht *d* beiderseits der Achse *c* so, dafs an

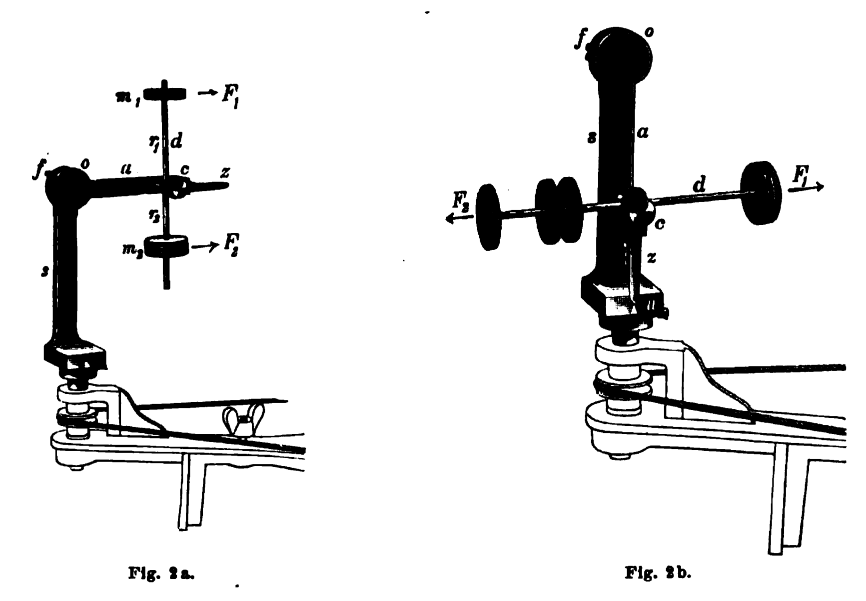


Fig. 2 a. Fig. 2 b.

dem Hebel Gleichgewicht herrscht (4 und 1, 3 und 2, 3 und 1 oder 2 und 1 Scheibengewichte), und bringt man hierauf den Arm *a* in die in Fig. 2 a abgebildete Stellung, so wird bei eintretender Rotation der Draht *d* seine vertikale Stellung[1]) beibehalten, was deutlich zeigt, dafs die jetzt statt der Schwerkräfte auf den Hebel *d* wirkenden Fliehkräfte sich genau wie die Schwerkräfte, also wie die Massen verhalten. — Bringt man an dem Drahte *d* je ein Scheibengewicht in gleichem Abstande von der Achse *c* an, und stellt man vor Beginn des Versuches den Draht *d* etwas schräg, so dafs die gleichen Massen verschiedenen Rotationsradius erhalten, so legt sich der Drahthebel bei der Rotation ganz um, da das am gröfseren Radius rotierende Gewicht eine gröfsere Fliehkraft entwickelt. — Bringt man in gleichem Abstande von *c* oberhalb eine Scheibe, unterhalb zwei Scheiben an, so ist *d* im stabilen Gleichgewichte und steht vertikal. Dreht man nun, so wird *d* durch die gröfsere Fliehkraft, welche sich bei gleichem Rotationsradius in der gröfseren (unteren) Masse entwickelt, im entsprechenden Sinne umgelegt. — Um nun noch unmittelbar zu zeigen, dafs die Fliehkraft bei bestimmter Umdrehungsdauer von dem Massenmoment $m\,r$ abhängig

[1]) Um kleine Fehler in der Einstellung, auf die der äufserst empfindliche Apparat sofort reagiert, zu verdecken, empfiehlt es sich, die Körnerschraube bei *c* etwas anzuziehen.

ist, bringt man den Arm *a* in die Stellung Fig. 2 b, wobei der Zeiger *Z* genau auf die Marke *n* einzustellen ist. Hierauf stellt man die Gewichte wie in Fig. 2 a so, dafs sie am Hebel *d* im Gleichgewichte sind, was nach dem Hebelgesetze dann der Fall ist, wenn die Massenmomente $m_1 r_1$ und $m_2 r_2$ einander gleich sind. Die Körnerschraube bei *c* wird dann fest, die Flügelschraube *f* (zur Herabsetzung der Empfindlichkeit) leicht angezogen, so dafs *a* mit gelinder Reibung um *O* drehbar ist. Bei Drehung der Schwungmaschine sieht man nun, dafs der Arm *a* seine vertikale Stellung beibehält — ein Zeichen, dafs die Fliehkräfte F_1 und F_2 beiderseits gleich grofs sind. Gleichen Massenmomenten entsprechen daher gleiche Fliehkräfte. Verschiebt man hierauf eine der beiden Massen, so erfolgt bei eingeleiteter Rotation sofort eine Drehung des Armes *a* nach der Seite derjenigen Masse, deren Massenmoment ein gröfseres ist, und welche daher auch eine gröfsere Fliehkraft besitzt.

Der Versuch kann selbstverständlich mannigfach variiert und endlich zur Bestätigung des allgemeinen Satzes verwendet werden, dafs bei Massen, welche längs einer zur Rotationsachse normalen Achse verschieden verteilt sind, die Gesamtfliehkraft unter sonst gleichen Verhältnissen von der Σmr abhängt. Zu diesem Zwecke bringt man die Scheibengewichte in beliebiger Combination so an, dafs der Hebeldraht *d* Gleichgewicht zeigt (Fig. 2 b). Das hergestellte Gleichgewicht zeigt an, dafs Σmr an beiden Hebelarmen denselben Wert hat (Hebelgesetz). Bringt man nun, nachdem man wieder die Schraube bei *c* fest, die Flügelschraube *f* schwach angezogen hat, die Vorrichtung in Rotation, so zeigt die unveränderte Lage derselben an, dafs die beiderseits auftretenden Fliehkräfte F_1 und F_2 (wegen des gleichen Wertes von Σmr) auch gleich sind. Eine Störung der Gleichheit der beiderseitigen Σmr führt auch eine Ungleichheit der Fliehkräfte herbei, die sich durch das Drehen des Armes *a* nach eingeleiteter Rotation anzeigt. — Führt man denselben Versuch mit der in Fig. 1 abgebildeten Vorrichtung durch, so mufs man die Gleichheit von Σmr nach Abmessen der verschiedenen Radien rechnerisch bestätigen. (Preis des Apparates einschl. der Scheiben M. 37.)

Ein Apparat, welcher die Fliehkraftformel $F = 4\pi^2 mr/t^2$ als Ganzes bestätigt, ist in Fig. 3 abgebildet. Er mufs gestatten, die Fliehkraft direkt zu messen. Dies geschieht mittels einer Spiralfeder, die jedoch — und das ist der Vorzug gegenüber anderen Vorrichtungen gleicher Art — conachsial der Drehungsachse liegt, so dafs die in der Spiralfeder selbst auftretende Fliehkraft nicht in Betracht kommt. Auch ist die Anordnung so getroffen, dafs die Skale während der Rotation ihre Lage nicht verändert, wodurch ein sicheres Ablesen auch während der schnellsten Drehung ermöglicht ist. An dem gufseisernen Gestelle *G* (Fig. 3) ist bei *n* eine Messinghülse *B* festgeschraubt, welche eine gleichfalls bei *n* befestigte Spiralfeder *S* umhüllt. Das andere Ende von *S* ist an dem Boden einer zweiten, etwas weiteren Hülse *A* befestigt. Diese Hülse trägt das Häkchen *h*, von welchem eine Schnur über die Rolle *R* zu dem Bügel *b* führt, der den walzenförmigen, leicht drehbaren Messingkörper *m* trägt. Zur Führung für diesen Körper dienen die Messingschienen l_1 und l_2, welche an der Grundplatte *M*, die auch die Rolle *R* trägt, festgeschraubt sind. Der cylindrische Stift *a*, welcher mit der Spiralfeder *S* und den Hülsen *A* und *B* conachsial ist, dient zum Einsetzen in die Schwungmaschine. Ist der Apparat in Ruhe, so wird die Hülse *A* durch die Spiralfeder *S* ganz nach oben gezogen, so dafs die an *B* angebrachte, rotweifs gestrichene Skale ganz verdeckt ist. Der Messingcylinder *m* steht dann beim Nullpunkte der auf der Messingschiene l_2 angebrachten Skale, die jener der Hülse *B* congruent ist. Versetzt man nun den Apparat in Rotation, so wird durch die Flieh-

kraft der Masse *m* die Spiralfeder ausgedehnt, also die Hülse *A* herabgezogen, und der freiwerdende Teil der empirisch hergestellten Skale giebt die Gröfse der Fliehkraft an. Zugleich steht der Messingkörper *m* um ebenso viele Teile vom Nullpunkte der Skale C_2 ab, als die Ablesung an der Skale *B* angiebt, so dafs der Rotationshalbmesser leicht bestimmt werden kann. Er ist gleich der Entfernung des betreffenden Skalenteilpunktes auf C_2 von der der Rotationsachse entsprechenden Marke *a'* und wird an einer von *a'* ausgehenden Centimeterskale direkt abgelesen. Der Versuch wird folgendermafsen ausgeführt. Man dreht möglichst gleichmäfsig so, dafs die Fliehkraft nahezu constant ist, dafs also die Hülse *A* um einen bestimmten Skalenpunkt (etwa um 9, d. i. 900 g) leise schwankt und läfst, wenn die Bewegung recht gleichmäfsig geworden, die Zahl der Umdrehungen des Treibriemens, an welchem eine Stelle durch Anstrich markiert ist, etwa in 30 Sekunden zählen. Aus dem Übersetzungsverhältnis zwischen Treibriemen und Achsenwelle der Schwungmaschine[2]) kann man dann die Umdrehungszeit *t* des Apparates bestimmen. Der Rotationsradius *r* wird, wie oben angegeben, auf C_2 abgemessen, und da die Masse *m* des 49 g schweren Messingcylinders = 0,005 ist, so mufs



Fig. 3.

$$F = 4\,\pi^2\,0{,}005\,r/t^2 = 0{,}1974\,r/t^2$$

sein, was sich durch Einsetzen der beobachteten Werte von *F*, *r* und *t* mit grofser Annäherung bestätigt. (Preis des Apparates M. 35.)

II. Apparat zur Erklärung der Ablenkung der Passate.

Die in Fig. 4 dargestellte Vorrichtung beseitigt die Unannehmlichkeiten, welche sich bei der Vorführung der am rotierenden Kegel herabfliefsenden Tintentropfen für den Experimentierenden ergeben. Diese Unannehmlichkeiten bestehen darin, dafs die umherspritzenden Tintentropfen sehr leicht die Kleider treffen und beschmutzen, dann in dem Umstande, dafs gleichzeitig die Schwungmaschine gedreht und die Kegelspitze betropft werden mufs. Der Schutz gegen die umherspritzende Tinte ist durch einen Glascylinder *C* geboten, der in einer ringförmigen Blechrinne *R* steht, die auf dem gufseisernen Arme *B* befestigt ist. Dieser wiederum ist mittels des Schraubenbolzens *b* und der Flügelschraube *S* an dem Gestelle *G* der Schwungmaschine festgeschraubt. Der zweite, oben erwähnte Übelstand ist durch eine selbstthätige, genau centrierte Tropfvorrichtung behoben. Diese, von dem messingenen Träger *t* gehalten, besteht aus einem Glasröhrchen *g*, das unten ein mit einem nach abwärts führenden feinen Ausflufsröhrchen versehenes Stöpselventil *v* trägt. Der Ventilkonus ist mittels des Scharniers *r* an einem kleinen bei *O* drehbaren Winkelhebel angehängt. Der vertikale Hebelarm trägt die verstellbare Messingkugel *m*. Das Glasröhrchen *g* wird mit einer alkoholischen Lösung von Eosin gefüllt. Der Träger *t* ist an dem konischen

[2]) Dieses Verhältnis wird bestimmt, indem man vor dem Versuche etwa 10 Umläufe des Treibriemens durchführt und die dabei von der Achsenwelle ausgeführten Umdrehungen zählt.

Metallstücke *a* befestigt, an welches ein Kegelmantel *K* aus Blech angelötet ist. Die ganze Kegelfläche ist weifs gestrichen. Das Metallstück *a* ist mit der in die Schwungmaschine eingesetzten Achse *A* fest verbunden. Sobald man die Schwungmaschine in Bewegung versetzt, wird durch die bei *m* entwickelte Fliehkraft *f* das Stöpselventil *v* geöffnet. Die Flüssigkeit fällt tropfenweise auf die Spitze des Kegels und fliefst bei entsprechender Umdrehungsrichtung (von links über vorn nach rechts) in einer durch die punktierte Linie angedeuteten Bahn nach abwärts, welche Bahn der Richtung der Passate auf der nördlichen Halbkugel entspricht. (Der Versuch, den für die Passatwinde geltenden Verhältnissen dadurch näher zu kommen, dafs statt des Kegels ein oblonger Körper gewählt wurde, ergab kein günstiges Resultat.) Beim Aufsetzen auf die Schwungmaschine ist zuerst der Arm *B* mit der Rinne *R*, dann der Kegel und zum Schlusse der Glascylinder einzusetzen. Nachdem die Rotation beendet ist, wird natürlich der Glascylinder abgenommen. Preis des Apparates mit selbstthätiger Tropfvorrichtung M. 31, mit einfachem, vom Glascylinder an einem Metallbügel getragenen Tropftrichter M. 11,50. Vollständige Schutzvorrichtung M. 8,50.

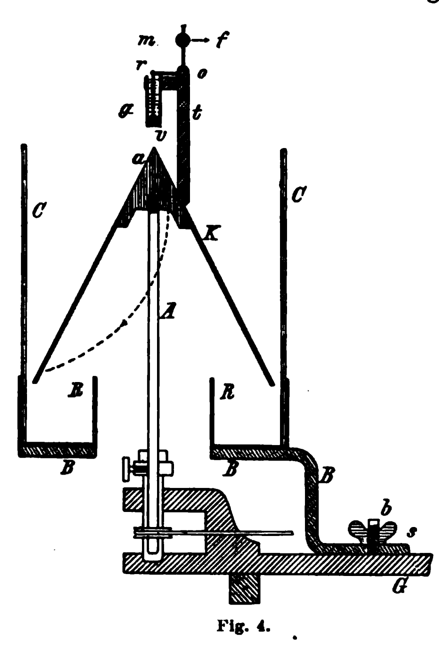


Fig. 4.

III. Centrifugenmodell.

Der Glascylinder *C* (Fig. 4) als Schutz gegen umherspritzende Flüssigkeit wird auch für das in Fig. 5 skizzierte Centrifugenmodell verwendet, indem man letzteres an Stelle des Kegels (in Fig. 4) in die Schwungmaschine einsetzt. Die Grundplatte *P* der Trommel ist massiv, während die Wand derselben aus durchlochtem Zinkblech hergestellt ist. Der Cylinder *M* ist an der Grundplatte befestigt, ebenso die Achse *A*, die in die Schwungmaschine eingesetzt wird. In den zwischen *M* und *G* befindlichen hohlcylindrischen Raum werden nasse Badeschwämme gebracht. Bringt man nun die Trommel in rasche Rotation, so wird das durch die Fliehkraft aus den Schwämmen geschleuderte Wasser an den ruhenden Schutzcylinder *C* (Fig. 4) geschleudert, an welchem es in die Blechrinne *R* abfliefst.

Preis des Modells M. 8; Schutzvorrichtung wie oben.

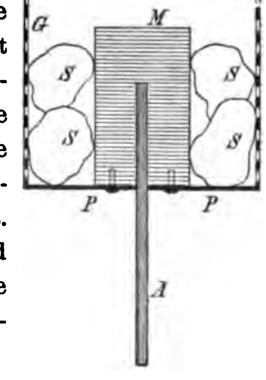


Fig. 5.

IV. Modell der Kreiselpumpe, zugleich Modell des Centrifugalgebläses.

Der gufseiserne Cylinder *C* (Fig. 6a) trägt hinten einen stopfbüchsenartigen Ansatz, der centrisch durchbohrt ist und oben ein konisches Loch besitzt, welches zur Aufnahme von Schmieröl dient. Durch jene Bohrung ist die Achse gesteckt, welche voran 6 gekrümmte Flügel *f* trägt. Diese Achse wird in die aufrecht gestellte Schwungmaschine in der aus der Fig. 6a ersichtlichen Weise eingesteckt und festgeschraubt. Das cylindrische Gehäuse *C* legt sich hierbei mit zwei angegossenen Backen *u u* an den einen Fufs der Schwungmaschine und wird dadurch fixiert,

während das Flügelrad beim Drehen der Schwungmaschine in rasche Rotation gerät Der Cylinder C hat seitwärts den Ansatz V, in welchen das gläserne Steigrohr b eingeschraubt werden kann. Vorn ist der Cylinder C durch eine am Rande dicht aufliegende starke Glasplatte p geschlossen, welche durch einen verschraubten Messingring M festgehalten wird. Diese Glasplatte ist in der Mitte durchlocht und trägt, dort, dicht verschraubt, ein Kniestück aus Messing, in welches das Saugrohr a eingesetzt ist. Der Wasserkasten K mit dem oben zu einem Trichter t erweiterten Auffangrohre r kann direkt an dem Gestelle der Schwungmaschine befestigt werden.

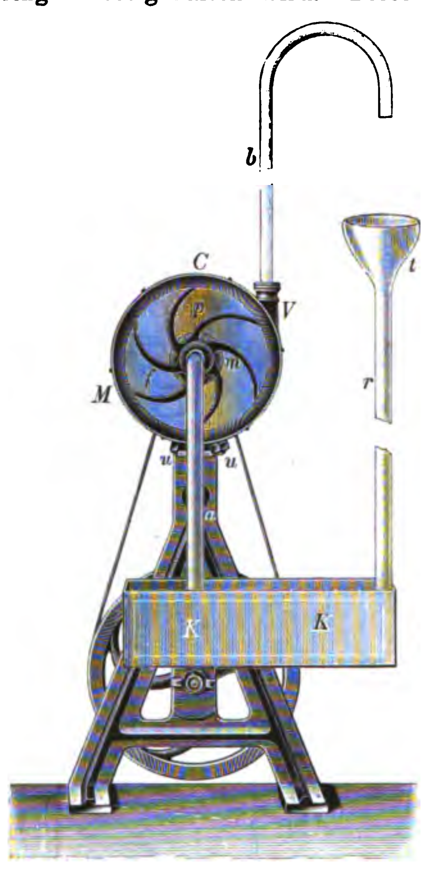


Fig. 6a.

Nachdem man den Apparat ohne Steigrohr an der Schwungmaschine befestigt und den Wasserkasten gefüllt hat, giefst man durch den Ansatz V so viel Wasser in das Gehäuse C, bis dieses zur Mitte gefüllt ist. (Dieses Füllen der Kreiselpumpen vor der Inbetriebsetzung geschieht auch bei der praktischen Anwendung derselben.) Sodann schraubt man das Steigrohr auf und beginnt an der Schwungmaschine zu drehen, anfangs möglichst rasch, später langsamer. Das Wasser steigt sofort im Steigrohre empor, während Wasser aus dem Kasten K nachgesaugt wird. Da das oben ausströmende Wasser wieder in den Kasten K zurückfliefst, so kann der Versuch beliebig lange fortgesetzt werden. Bei Verwendung gefärbten Wassers sieht man während der Rotation das Wasser in einem conzentrischen Ringe an dem Umfange der Trommel, während die Mitte derselben ganz weifs, also wasserfrei erscheint. Die Vertheilung des Wassers durch die Fliehkraft wird dadurch sehr schön sichtbar, und die Schüler gewinnen einen vollen Einblick in die Wirkung des arbeitenden Apparates.

Um die Wirkung des Centrifugalgebläses zu zeigen, wird das Steigrohr (eventuell auch das Saugrohr) abgenommen, und ein zweimal rechtwinklig gebogener Draht d (Fig. 6 b) in den Ansatz v eingesteckt. Dieser Draht trägt ein kleines Seidenfähnchen. Sobald der Apparat in Rotation versetzt wird, zeigt das aufwärts flatternde Fähnchen den bei v austretenden Luftstrom an. Statt des Fähnchens kann auch ein kleines excentrisch eingestelltes Windrädchen zum Nachweise des austretenden Luftstromes verwendet werden. Preis des Modells mit allem Zubehör M. 40. Preis der Centrifugalmaschine, horizontal und vertikal aufstellbar, für alle vorgenannten und sonstigen Aufsätze verwendbar, M. 31.

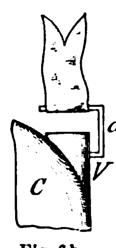


Fig. 6 b.

Sämtliche im Vorstehenden beschriebenen Apparate wurden am 27. März d. J. im Reichenberger Lehrerverein vorgeführt und werden vom Mechaniker Jul. Antusch in Reichenberg bei Angabe des Achsendurchmessers auch für Schwungmaschinen beliebiger Systeme geliefert.

Demonstrations-Zeigerwage für verschiedene Versuche.

Von
Hans Hartl in Reichenberg.

Für alle Versuche der Mechanik, welche eine Kraftmessung mittels der Wage verlangen, empfiehlt sich die Verwendung einer solchen Wage, welche die bei dem Auflegen und Ausgleichen von Gewichten unvermeidlichen Zeitverluste umgeht und, was noch wichtiger ist, die Aufmerksamkeit der Schüler vor jeder Ablenkung bewahrt und auf die Hauptsache gerichtet erhält. Diese Absicht zu erreichen, bietet sich dem Experimentierenden ein zweifacher Weg: die Benutzung einer Federwage oder einer Zeigerwage. Da Federwagen infolge der allmählich eintretenden Änderung ihrer Elastizitätsverhältnisse nicht constant sind, so habe ich für die Demonstration einer ganzen Reihe physikalischer Erscheinungen und Gesetze eine entsprechend eingerichtete Zeigerwage gewählt.

Über die nähere Ausführung der in grofsen Verhältnissen gebauten, mit Parallelführung des Schalenträgers *s* versehenen Wage giebt die nebenstehende Figur 1 genügende Auskunft, und es sei nur erwähnt, dafs die Höhe des Ständers *B* 52 cm beträgt. Die Wage dient zu messenden Versuchen über Adhäsion, Cohäsion von Flüssigkeiten, Reibung, Stabilität, magnetische Anziehung etc., ferner zum Nachweise des Archimedischen Prinzips und zur Dichtenbestimmung fester und flüssiger Körper.

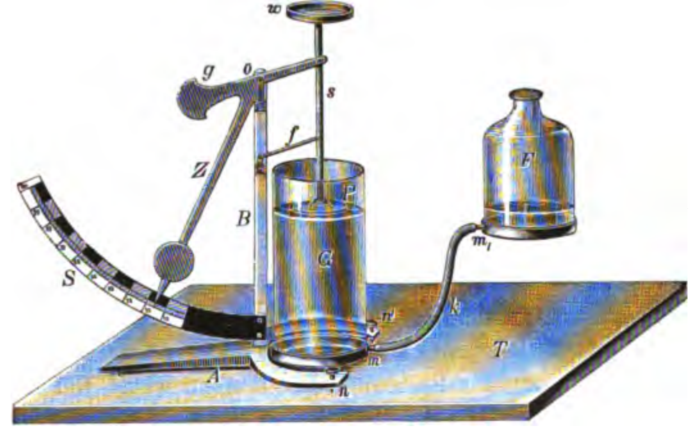


Fig. 1.

Figur 1 zeigt die Anordnung, welche für Messung der Adhäsion zwischen festen und flüssigen Körpern, bzw. der Cohäsion einer Flüssigkeit zu wählen ist. Die Flüssigkeit (Wasser, Glycerin, Salzlösung) befindet sich in dem Glascylinder *G*, der mittels des die Ansatzröhren *m* und m_1 verbindenden Schlauches *k* mit der Flasche *F* communiziert. Die Menge der Flüssigkeit ist ungefähr so bemessen, dafs *G* und *F*, wenn beide auf der Tischplatte *T* stehen, zur Hälfte gefüllt sind. Hebt man die Flasche *F*, so strömt die Flüssigkeit nach *G*, bis sie die an den Schalenträger *s* angeschraubte, genau horizontal liegende Adhäsionsplatte *P* erreicht. Nun wird *F* langsam wieder gesenkt. Die Flüssigkeit strömt aus *G* nach *F* zurück und nimmt durch Adhäsion die Platte *P* mit, bis endlich das Abreifsen der letzteren erfolgt. Die unmittelbar vorher abgelesene Zeigerstellung giebt bei nicht benetzenden Flüssigkeiten die Adhäsion gegen die Platte *P*, bei benetzenden Flüssigkeiten deren Cohäsion an, da im letzteren Falle das Abreifsen im Innern der Flüssigkeit erfolgt. In ganz ähnlicher Weise werden Versuche über Adhäsion zwischen festen Körpern

durchgeführt, indem man die Platte P mit einer zweiten Adhäsionsplatte in innige Berührung bringt und nun die letztere, welche mit einer Handhabe versehen ist, langsam nach abwärts zieht.

Figur 2 skizziert die Anwendung der Wage für Reibungsversuche. Zunächst wird die Adhäsionsplatte P abgeschraubt und durch eine genau gleich schwere, mit einem Häkchen versehene Messingplatte p ersetzt. Dann wird der die Messingrolle R tragende Arm r so eingestellt, dafs die Rolle R die passende Lage erhält. Diese Einstellung ist dadurch ermöglicht, dafs von dem Ständer ein Schraubenbolzen ausgeht, welcher durch einen längeren Schlitz des Rollenträgers r geht. Durch eine Flügelschraube f kann dieser in den verschiedensten Lagen festgelegt werden.

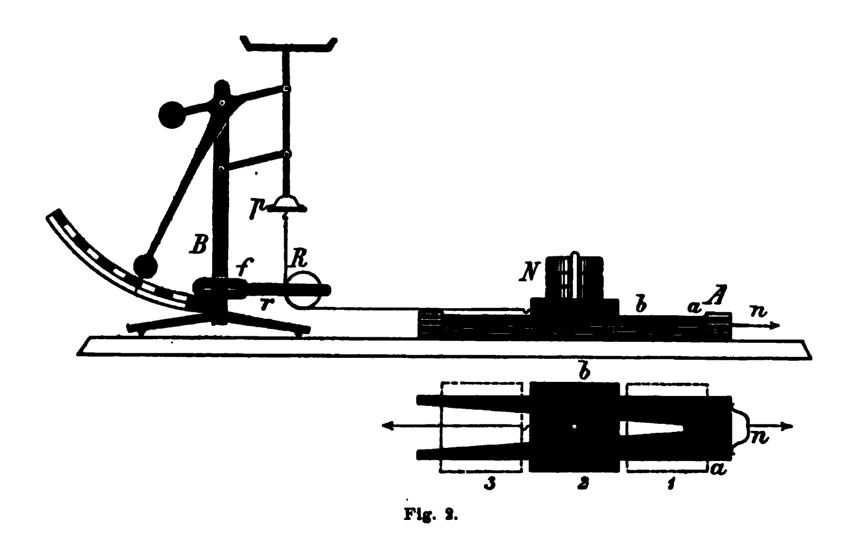


Fig. 2.

Der Rahmen A dient zur Aufnahme verschiedener Gleitplatten a, auf welchen der Gleitkörper b, dessen Reibung gegen a untersucht werden soll, aufgesetzt wird. Dieser Gleitkörper ist durch eine über die Rolle R geführte Schnur mit der Zeigerwage verbunden. Zu Beginn des Versuches befindet sich der Gleitkörper in der im Grundrisse (Fig. 2) mit 1 bezeichneten Stellung. Nun zieht man, am Bügel n anfassend, die Grundplatte in der Richtung des Pfeiles weg. Der Gleitkörper wird durch Reibung mitgenommen, bis der von der Wage ausgeübte, an der Skala abzulesende Gegenzug der Reibung gleich wird. Fig. 2 zeigt eine Gleitplatte a, welche die Unabhängigkeit der Reibung von der Gröfse der Gleitfläche mit einem einzigen Versuche überzeugend nachzuweisen gestattet. Der Gleitkörper kommt nämlich während des Versuches der Reihe nach in die mit 1, 2 und 3 bezeichneten Stellungen. Die Gleitfläche wird dabei immer kleiner, der Zeiger aber weist unveränderte Reibung nach. Drei Gewichte N, deren jedes ebenso schwer ist wie der Gleitkörper b, dienen zum Nachweise, dafs die Reibung dem Normaldrucke proportional ist. Analog den Versuchen über Reibung werden die Versuche über Stabilität durchgeführt.

Figur 3 giebt den Nachweis des Archimedischen Prinzips für schwimmende Körper an. Der Schwimmer S, ein mit etwas Schrot belastetes Probiergläschen, wird in ein Becherglas b und mit diesem auf die Wagschale gestellt; die Zeigerstellung wird notiert. Ein neben der Wage stehendes, mit einem festgeklemmten Heber h versehenes Gefäfs G wird mit Wasser gefüllt. Dann wird der Heber angesogen, und nun wartet man, bis er zu fliefsen aufhört. Jetzt bringt man das Becherglas b unter den Heber und den Schwimmer langsam in das Wasser. Das Wasser

steigt, der Heber beginnt wieder zu fliefsen und überführt das ganze, durch den Schwimmer verdrängte (gehobene) Wasser in das Becherglas. Bringt man dann das Becherglas wieder auf die Wagschale, so stellt sich der Zeiger genau so ein wie früher, d. h. das von dem Schwimmer verdrängte Wasser wiegt genau so viel wie der Schwimmer selbst, an dessen Stelle sich jetzt das Wasser im Becherglase befindet.

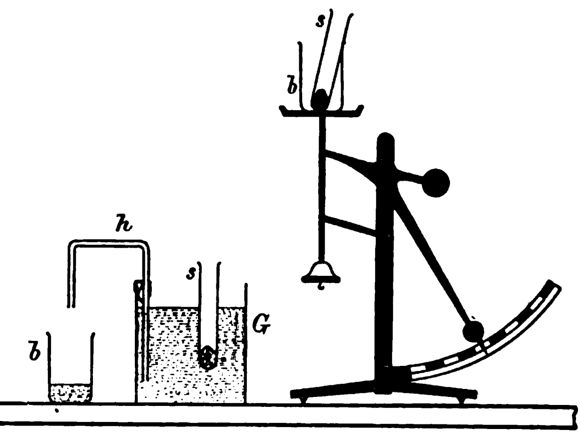


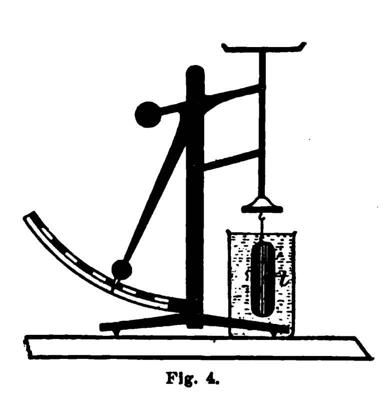
Fig. 3.

Ganz ähnlich läfst sich das Archimedische Prinzip für untersinkende Körper (Fig. 4) nachweisen. Der Taucher *t*, aus dunklem Glase gefertigt, wird an die Wage gehängt und, nachdem sein absolutes Gewicht notiert worden, mit Wasser unterfahren. Der durch den Zeiger nachgewiesene Gewichtsverlust wird angemerkt. Sodann nimmt man den Taucher von der Wage ab, trocknet denselben und stellt auf die Wagschale ein Becherglas, dessen Gewicht notiert wird.

Bringt man nun das Becherglas unter den Heber (in Fig. 3) und den Taucher in das Wasser des Gefässes *G*, so fliefst wieder das von dem Taucher verdrängte Wasser in das Becherglas ab, das hierauf neuerlich gewogen wird. Die beobachtete Gewichtszunahme (Gewicht des verdrängten Wassers) zeigt sich gleich dem Gewichtsverluste des Tauchers beim Eintauchen ins Wasser. Beispiel:

Schwimmer in Luft	137 g	Becherglas leer	34 g
Schwimmer im Wasser	83 g	Becherglas mit Wasser	88 g
Gewichtsverlust	54 g	Verdrängtes Wasser	54 g

Den bekannten direkten Nachweis des Archimedischen Prinzips mittels eines hohlen und eines massiven Cylinders zeigt Fig. 5. Der hohle Cylinder *g*, der auf


Fig. 4.

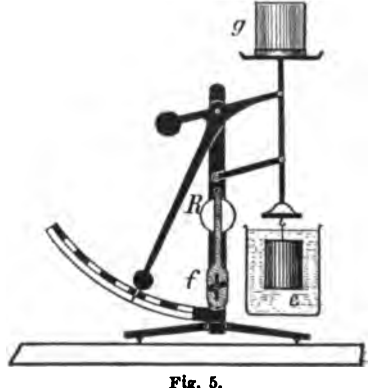


Fig. 5.

die Wagschale gestellt wird, ist aus Glas und mit einem Messingboden versehen. Der massive, aus Ebonit gefertigte Cylinder *e* wird mit einem feinen Draht an die Wage gehängt. Bei Anwendung gefärbten Wassers (zur Färbung empfiehlt sich Ketonblau) zeigt sich der Vorteil des Glascylinders, der auch darin besteht, dafs die Schüler wirklich sehen, dafs der Ebonitcylinder den Hohlraum des Glascylinders vollständig ausfüllt.

Die Verwendung der Zeigerwage zur Dichtenbestimmung flüssiger Körper geschieht in der bekannten Weise unter Verwendung eines gläsernen Tauchers (Fig. 4), dessen Auftrieb im Wasser ein für allemal bestimmt ist. Die Dichte einer Flüssigkeit wird gefunden, wenn man den für diese Flüssigkeit ermittelten Auftrieb des Tauchers durch seinen Auftrieb im Wasser dividiert.

Für die Dichtenbestimmung fester Körper, insbesondere solcher, die weniger dicht sind als Wasser, dient die aus Fig. 6 ersichtliche Vorrichtung *v*. Diese besteht aus 4 Drähten, die durch vier Löcher einer kleinen Metallscheibe gehen und an einer Platte befestigt sind, die statt der Platte *p* (Fig. 2) an dem Schalenträger angeschraubt wird. Das Gewicht der ganzen Vorrichtung ist wieder so gewählt, dafs der Zeiger auf Null weist. Zwischen die unten hakenförmig gekrümmten Drähte wird der betreffende feste Körper gebracht. Durch Herabziehen der die Drähte führenden Metallscheibe wird der Körper festgeklemmt. Das absolute Gewicht desselben wird abgelesen und notiert. Sodann unterfährt man den Körper mit Wasser, bis das Niveau eine in den Drähten eingeritzte Marke erreicht, und liest wieder ab. Die Differenz der beiden Ablesungen ergiebt den eingetretenen Gewichtsverlust (z. B. 27,3 g). Um den Gewichtsverlust des Körpers allein zu erhalten, mufs man

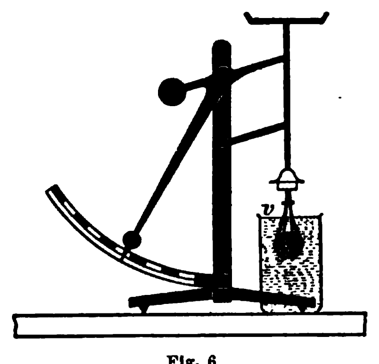



Fig. 6.

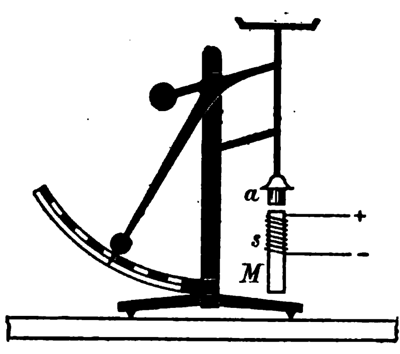


Fig. 7.

davon den ein für allemal bestimmten Gewichtsverlust der bis zur Marke eintauchenden Drähte (z. B. 0,7 g) subtrahieren. Man erhält daraus in unserem Beispiel für den Gewichtsverlust des Körpers 26,6 g, und indem man das absolute Gewicht des Körpers durch diesen Gewichtsverlust dividiert, bekommt man die Dichte des Körpers. Bei der Dichtenbestimmung von Körpern, deren Dichte kleiner ist als 1, belastet man zuerst die Wagschale mit Tara oder einem Gewichte (etwa 50 g), weil sonst der Zeiger durch den Auftrieb auf die negative Seite der Skala getrieben würde.

Fig. 7 endlich giebt an, in welcher Weise die Zeigerwage zu Versuchen über magnetische Anziehung und Abstofsung benutzt werden kann. Die Platte *p* (Fig. 2) wird durch einen gleich schweren cylindrischen Eisenanker *a* (Fig. 7) ersetzt. Der Zeiger weist wieder auf Null. Um z. B. die für die Erklärung des Telephons wichtige Verstärkung bzw. Schwächung eines Magneten durch Ströme entgegengesetzter Richtung nachzuweisen, bringt man zunächst den an der Polfläche mit Papier beklebten Magnetstab *M* mit dem Anker *a* in Berührung und zieht nun *M* herab, bis das Abreifsen des Ankers erfolgt. Läfst man dann durch die Spule *s* einen Strom gehen, so zeigt sich, dafs für die eine Stromrichtung das Abreifsen viel später, für die entgegengesetzte Stromrichtung viel früher erfolgt. Bei Versuchen über magnetische Abstofsung wird der Anker *a* durch einen Magnet (Elektromagnet) ersetzt und die Wagschale durch Tara so weit belastet, bis der Zeiger auf einen bestimmten

Skalenpunkt, z. B. 100, zeigt. Nähert man dem nach abwärts gekehrten Pole des Magneten *a* einen gleichnamigen Pol, so bewirkt die Abstofsung einen Rückgang des Zeigers, wodurch die Gröfse der Abstofsung angegeben wird.

Herr Jul. Antusch, Mechaniker in Reichenberg, Deutschböhmen, liefert die im vorstehenden beschriebenen Apparate zu folgenden Preisen: Zeigerwage samt Rollenträger, Adhäsionsplatte *P* (Fig. 1), Ersatzplatte *p* (Fig. 2), Halter *v* (Fig. 7), Anker *a* (Fig. 8) und Taucher *t* (Fig. 5) 55 M. Die Glasgefäfse *G* und *F* (Fig. 1) mit Verbindungschlauch 3 M. Vorrichtung für Reibungsversuche (nach Fig. 2) complet 9,50 M. Massiver und hohler Cylinder (nach Fig. 6) 7,50 M. Nebenbestandteile (nach Fig. 3) 3 M.

Zur Methodik der astronomischen Geographie.

Von

M. Koppe in Berlin.

Wenngleich die Geographie jetzt amtlich als Naturwissenschaft anerkannt ist und anschaulich gelehrt werden soll, so zeigen doch noch neuere Veröffentlichungen, dafs ihre Grundlage, die astronomische Geographie, nicht in wahrhaft naturwissenschaftlichem Sinne betrieben wird. Die Begriffe Norden Süden, Länge Breite, Sommer Winter verdanken ihre Existenz den Sternen und der Sonne, die Geographie, welche auf diese Begriffe nicht verzichten will, läfst sich daher nicht ohne Berücksichtigung der Sterne durchnehmen. Aber so leicht diese sich auch dem suchenden Blick in ihren wechselnden Stellungen darbieten, so werden sie doch oft nicht beachtet, und als Surrogat werden sogenannte Anschauungsmittel an Stelle der wahren Anschauung herbeigezogen. Auch der veraltete Name „mathematische Geographie“ verleitet dazu, dieses Gebiet als ein blofses Operieren mit räumlichen Vorstellungen nach Art der reinen Mathematik aufzufassen und die Modelle nur als Hülfsmittel zur Erleichterung derselben anzusehen.

Noch dazu sind diejenigen Anschauungsmittel am beliebtesten, welche die auf der Erde wahrzunehmenden Erscheinungen nicht für einen Beobachter auf der Erde, sondern nach dem Kopernikanischen System für feste Fix-Sterne und einen Beobachter auf der Sonne nachahmen. Einem naturwissenschaftlichen Vorgehen würde es entsprechen, sich von der Anschauung durch genaues Erwägen und Vergleichen zu dem Kopernikanischen System allmählich — in zwei Stufen — zu erheben; das Übliche ist aber, dem Schüler diesen Standpunkt als höhere unbezweifelte Weisheit mitzuteilen, den anderen zu verunglimpfen. Für die Geographie ist die erste, dem Sinneseindruck entsprechende, Auffassung völlig ausreichend, sie stellt alle Erscheinungen auf das einfachste in ihrem Zusammenhange dar, während sich nach Kopernikus direkt nur diese oder jene Einzelheit unter erheblicher Anstrengung mathematischen Denkens ergiebt. Für den Schüler fehlt aber jede Möglichkeit, das Modell und die Wirklichkeit richtig auf einander zu beziehen.

Sollen z. B. die Jahreszeiten erklärt werden, so wird ein um eine Achse drehbarer Globus um eine Sonne in einem (wagerechten) Kreise herumgeführt, zunächst mit senkrecht gehaltener, dann mit wagerechter Achse, dann mit schiefer Achse. Wenn man endlich die schiefe Achse sich selbst parallel weiterbewegt, so ergeben sich die gewünschten Analogieen[1]). Hieraus soll der Schüler schliefsen: Also bewegt

[1]) s. Pohle, Welche Aufgaben hat der erdkundliche Unterricht an den höheren Lehranstalten zu erfüllen? Progr. des Leibniz-Gymnasiums zu Berlin, 1889 S. 45. Dort wird nur die schiefe Stellung, nicht der Parallelismus hervorgehoben.

sich die Erde so um die Sonne, dafs ihre Achse immer dieselbe Richtung beibehält. Tappen wir denn aber zur Feststellung dieser Thatsache so im Dunkeln, dafs wir sie als Hülfshypothese zur Deduktion der Jahreszeiten einführen müssen, wie etwa die senkrechte Richtung der Ätherschwingungen beim Licht? Wir sehen ja am Himmel die Richtung der Erdachse unabänderlich am Polarstern und sehen die Ebene der Erd- oder Sonnenbahn an den Sternbildern Fische, Widder, Stier u. s. w., wissen also auch aus unmittelbarer Anschauung, dafs die Erdachse und die Ebene der Ekliptik einen Winkel von $66\frac{1}{2}^0$ bilden.

In gröfseren Städten ist es für eine richtige, an die nächste örtliche Umgebung anknüpfende, Einführung in die Geographie mifslich, dafs man immer nur einen beschränkten unregelmäfsigen Teil des Himmels übersehen kann. Es ist daher anerkennenswert, dafs man jetzt vielfach die Schulen mit Plattformen oder Söllern versieht, von denen man über die Dächer hinweg einen ungehinderten Ausblick hat, wie von einem Schiff auf dem Meere. Eine solche kleine Sternwarte hatte schon Prof. Schellbach am (alten) Friedrich-Wilhelms-Gymnasium zu Berlin eingerichtet. Sollten wirklich Mangel an Zeit oder disziplinäre Rücksichten es verbieten, gelegentlich auch abends den Schülern das am Himmel Bemerkenswerte zu zeigen, wie der Bearbeiter der mathematischen Geographie in Baumeisters Handbuch annimmt[2])? Dafs der Name Schule den Begriff Mufse in sich schliefst, wird doch heute besonders betont, und die Fächer, die sich im Unterricht für berechtigt halten, haben doch selbst über die ihnen entsprechende Disziplin zu bestimmen, nicht die aus anderen Gesichtspunkten hergeleitete Disziplin über sie! Wie wäre man sonst zu fakultativem Arbeiten in Chemie und Physik gekommen? Derselbe Bearbeiter überschätzt auch die Schwierigkeiten, die es habe, die Planeten am Himmel irren zu sehen, es ist durchaus nicht nötig, für jeden Fall den Ort der Planeten aus Thureins Tabellen durch eine lange sphärisch-trigonometrische Rechnung zu bestimmen, man sucht sie einmal, mittels eines Kalenders, der wirklich über die Himmelserscheinungen Auskunft giebt, am besten durch graphische Darstellung, und verfolgt sie dann von Tag zu Tag. Durch Pflege solcher Studien würde auch das Verständnis der poetischen Aufgänge in römischen und griechischen Dichtern weit mehr gefördert als durch Vorträge, die in der Aula vor der gesamten Schule von einem Astronomen über die Sternbilder gehalten werden.

Man würde von einem solchen Aussichtspunkte aus den Weg der Sonne eine Weile verfolgen, ihren Stand in Bezug auf irdische Marken, z. B. Kirchtürme, bestimmen und ihn bald sich ändern sehen, die Lage von Auf- und Untergangspunkt könnte man hinzufügen, dann auch die Änderungen der Sonnenbahn mit der Jahreszeit im voraus angeben und bisweilen an dem wirklichen Stande der Sonne erläutern. Ist gerade auch der Mond zu sehen, so zeigt man, dafs dieser ähnliche Bahnen beschreibt, beim ersten Viertel etwa so, wie die Sonne ein Vierteljahr später u. s. w. Der Mond ist aber auch mit Sternen zugleich sichtbar, und man zeigt nun, dass die Menge der Sterne sich gleichfalls ähnlich wie die Sonne bewegt, ja dafs dieselbe Bahn, welche an irgend einem Tage die Sonne beschrieb, nach ihrem Untergang von einem Stern, vielleicht später von noch einem durchmessen wird. Von den Sternen steht einer fest, der Polarstern, andere laufen um ihn, beständig sichtbar, herum, die Circumpolarsterne, zu denen für Berlin eben noch Wega gehört,

[2]) Dr. A. Baumeisters Handbuch der Erziehungs- und Unterrichtslehre für höhere Schulen. Abschnitt XI: Didaktik und Methodik des Unterrichts in der mathematischen Geographie von Siegmund Günther.

andere gehen wie die Sonne auf und unter. Denkt man sich eine senkrechte Mauer aufgeführt, an welcher dauernd der Polarstern stände, so erreichen alle Sterne ihren höchsten Stand, zwischen Aufgang und Untergang, wenn sie diese Mauer, die Meridian-Ebene, passieren. Wenn man im Winter abends den Gürtel des Orion, die Zwillinge, den südlichen Fisch sieht, so kann man an diesen zeigen, welchen Weg die Sonne im Frühling, im Sommer, im Winter in Bezug zu fernen irdischen Marken zurücklegt und wie lange sie über dem Horizont weilt. Daran kann man erläutern, dafs die Länge der Tage, dafs — auch wegen des höheren Standes — die Wärme, welche die Sonne spendet, im Sommer am gröfsten ist[3]).

Der Wolkenhimmel und auch der blaue Himmel erscheinen uns als ein flaches Gewölbe, ein Stern des grofsen Bären scheint an diesem Gewölbe eine Bahn um den Polarstern zu beschreiben, die also keine Kreislinie ist, dabei scheint die Ausdehnung der Sterne des grofsen Bären bei wachsender Höhe sich zu verringern. Bestimmt man aber durch einfache Visier-Vorrichtungen den Winkel, den die Richtungen nach zwei Sternen bilden, so erweisen sie sich als unveränderlich. Daher ist es zweckmäfsig, die Sterne auf eine Kugel zu projizieren, wie in einem Panorama ferne Bergspitzen auf den Horizontkreis, weil auf der Kugel aus dem Winkel zwischen zwei Richtungen sofort der Bogenabstand bestimmt ist. Kennt man also den Bogenabstand zweier Sterne α, β, ferner den Abstand irgend welches dritten Sternes, γ, von beiden, so kann man auf einem Himmelsglobus die Sterne α, β und jeden weiteren γ richtig darstellen. Wo immer und wann immer auf der Erde man solches unternommen hat, stets erhielt man denselben Himmelsglobus, also ist die Erde ein winziges Sandkorn zwischen den unermefslich weit entfernten Fix-Sternen.

Dafs die Erde eine im Raum frei schwebende Masse ist, die überall den blauen Himmel über sich hat, war bei den Alten ein scharfsinniger Schlufs, der durch die Entdeckungen der neueren Zeit bestätigt ist. Heute kann man diese Wahrheit aus den Reisen um die Erde entnehmen. Die Alten glaubten aufserdem, dafs die Erde eine Kugel ist, was sich nicht vollständig bestätigt hat. Man könnte die Gestalt der Erdoberfläche heute für die Kulturländer, die Triangulationen ausgeführt haben, aus diesen rein terrestrischen Messungen bestimmen. Stellt man die Maschen des Netzes nach den Messungen in verkleinertem Mafsstabe dar, und fügt sie richtig zusammen, so mufs sich zeigen, dafs sie keine ebene Aneinanderlagerung zulassen, sondern ein in bestimmter Weise gewölbtes Polyeder ergeben. So würden auch die Flächen eines Ikosaeders, wenn sie einmal von einander getrennt wären, bei richtiger Zusammensetzung wieder die Gestalt der früheren Fläche ergeben. Jedenfalls kann man die Punkte der Erdoberfläche, trotz der Abweichungen von der Kugelgestalt, auf eine Kugeloberfläche übertragen. In einem bestimmten Augenblick, der durch ein Signal, Pulverblitz, Mondfinsternis angezeigt werde, bestimme je ein Beobachter an vielen Stationen A, B, C . . die Lage seines Zeniths am Fixsternhimmel, A', B', C' . . So erhält man, nach Zusammenstellung der Ergebnisse, die Erdorte unter und zwischen den Sternen der Himmelskugel, die, weil gedacht, absolut vollkommen ist. Der Punkt des Erdballs, der so auf den Polarstern P abgebildet wird, ist der geographische Nordpol, Quito könnte vielleicht sich auf den Gürtel des Orion projizieren, Greenwich nach einem Punkte G'. Projiziert sich Berlin nach B', construiert man ferner den zu P gehörigen Äquator, so sieht man, dafs $P'B'$ das Complement der geogra-

[3]) Nach Kirchhoff's Schulgeographie, S. 4, soll es bei niedrigem Sonnenstande kalt sein, weil dann die Strahlen auf dem langen Wege durch die Luft stark absorbiert werden. Gegen diese neue Auffassung liesse sich manches einwenden.

phischen Breite von Berlin ist, wenn man die erwähnte Kugel als Erdglobus betrachtet, und dafs $P'B'$ das Complement der Polhöhe ist, wenn man jene Kugel als Himmelsglobus auffafst. Es ist also die Breite gleich der Polhöhe. Nennt man noch den Ort der Sonne S, so ist die geogr. Länge $B'P'G'$ gleich dem Unterschied von $B'P'S$ und $G'PS$, d. h. gleich dem Unterschied der Ortszeiten von Berlin und Greenwich. Berlin liegt in 52° 30′ Breite und 13° 24′ Länge und kann hiernach auf einem kleinen Abbild jener grofsen Himmelskugel dargestellt werden, wenn der Äquator und der Meridian von Greenwich willkürlich angenommen sind. Die Länge und Breite werden, schon in der Geographie des Ptolemaeus, wie Abscisse und Ordinate gemessen, nicht aber gezählt, denn die Grade sind nicht Individua. Wie man zu bequemer Eintragung eines Punktes in einen Plan nach rechtwinkligen Coordinaten Papier benutzt, welches in qcm oder qmm durch Parallelen zu den Achsen geteilt ist, so pflegt man auf dem Globus durch Parallelkreise und Meridiane[4]) gewisse Stationen für die Länge und Breite anzugeben. Zählen kann man diese Kreise des geographischen Netzes nicht, denn es giebt unzählbar viele; wenn man sie etwa nur von Grad zu Grad zöge, so könnte man sie wohl zählen, wüfste aber nicht, welcher als erster zu bezeichnen wäre. Manche Autoren verlegen Berlin auf den 13. Längengrad, Kirchhoff hat jedoch, bei genauer Untersuchung, gezeigt, dass 13° 24′ Länge schon in dem 14. Längengrad liegt, er will demnach, dafs Berlin auf dem 53. Breiten- und 14. Längengrad liegt, wodurch die Breitengrade zu Zonen, die Längengrade zu Kugelzweiecken würden, eine mathematische Neuerung. Das Zählen ist gerechtfertigt, wenn man vom 4. Kapitel im 5. Buch redet, weniger schon für den 17. Tag des 1897. Jahres, da die genaue Zeitbestimmung mit $3^h\, 4^m$ in Kardinalzahlen fortfährt.

Ist etwa der Abstand Berlin Passau auf dem Globus = 2°, in Wirklichkeit aber 30 Meilen, so ist 1° = 15 Meilen, der Erdradius = 57,29 . 15 = 859 ½ Meilen. Inwiefern die Annahme der kugelförmigen Erde genau ist, mufs sich daraus ergeben, dafs irgend welche Distanzen, auf der Kugel nach Graden gemessen, auf die richtige Meilenzahl führen. Ptolemaeus, der an der Kugelgestalt nicht zweifelt, empfiehlt, die schwierige Ausmessung der Distanz zweier Städte dadurch zu umgehen, dafs man beide an den Himmel verlege.

Betrachtet man den Globus nur als eine richtig erweiterte Landkarte, so ist eine Vorrichtung, ihn schnell zu drehen und ihn um die „Sonne" zu bewegen, überflüssig. Er mufs aber richtig orientiert werden, was etwas mehr Sorgfalt erfordert, als bei einem Plane, den man mit der dargestellten Gegend auf einem Ausfluge vergleicht. Zunächst mufs man den von seinem Gestell abgenommenen Globus so auf eine ringförmige Unterlage legen, dafs Deutschland als wagerechte Fläche den höchsten Punkt einnimmt. Dazu mufs die Erdachse mit der Vertikalen einen Winkel von 37° bilden, während die jetzt fabrizierten Globen immer für einen Winkel von 23 ½° festgestellt sind. Dann mufs man den Globus um eine vertikale Achse so lange drehen, bis die Linie Passau Berlin Stralsund wirklich nach Norden zeigt. Denkt man sich nun noch den Globus 10 mal, 100 mal, 1 000 000 mal vergröfsert, aber nicht mit Festhaltung des Mittelpunktes, sondern so, dafs Berlin als höchster Punkt des Globus in seiner Höhe bleibt, also der Platz zum Vergröfsern unten und seitwärts freigemacht wird, so geht schliefslich die Globusoberfläche in die Erdoberfläche über, und man kann nun an ihm die Reisen nach weit entfernten Städten oder zu den Antipoden

[4]) Die Namen Breiten- und Längenkreis geben zu Verwirrungen Veranlassung. Ist Längenkreis = Meridian? Dann enthält der Längenkreis Breitengrade.

sich deutlich vorstellen, auch die Länge und Richtung des Weges durch das biegsame Messing-Gradmafs bestimmen.

Kennt man die Erscheinungen der täglichen Rotation für Berlin, wo die Polhöhe = 52° 30′ ist, so wird man sie sich auch leicht für Stralsund, mit 54° 30′ Polhöhe, endlich für den Nordpol vorstellen können, ebenso für die Lombardei (45°) und für einen Ort am Äquator. Man gelangt so zu den einfachern Erscheinungen der Sphaera recta und parallela. — Indem man die Bahn des Mondes unter den Fix-Sternen bezüglich der Sternbilder verfolgt, gelangt man leicht dazu, den Fixsternhimmel als festen Hintergrund zu denken, die gegenseitige Lagenänderung von Himmel und Erdball also in eine Drehung des letzteren zu verlegen. Die Bahn des Mondes war eine Spirale für den blauen Himmel bezüglich der nächsten Umgebung und wird nun ein bloſser Kreis am Fixsternhimmel. Man führt die Schüler auf dieselbe Vorstellung, wenn man fragt, wie denn irgend ein Sternbild, das man personifiziert, z. B. Orion oder der Fuhrmann, seine Stellung zu den übrigen Sternbildern des krystallenen Himmelsgewölbes und zu den auf der kleinen Erde erkennbaren Ländern auffasse. Ähnliches ist für die Sonne durchzuführen, deren Wanderung unter den Sternbildern dadurch sich dem Augenschein aufdrängt, dafs man nach Sonnenuntergang im März den Widder, im April den Stier u. s. w. am Westhimmel hervordämmern sieht, woraus man schliefst, dafs die Sonne in den Fischen, dem Widder u. s. w. stehen müsse. Diese Reihenfolge hat man mit den Fischen zu beginnen, weil dies das Sternbild ist, in welchem die Sonne steht, wenn sie 90° vom Polarstern entfernt ist, also den Himmelsäquator passiert, und nach Art des Gürtels des Orion im Osten aufgeht und nach 12 Stunden im Westen untergeht. Die Verse „sunt aries taurus . . .“ geben eine Reihenfolge, die vor 3000 Jahren richtig war. Dafs man es noch heute für „natürlich“ hält, sie zu memorieren, ist ein Beispiel für die Macht des Buchstabens, nicht des Geistes.

Hat man hiermit die erste Stufe des Kopernikanischen Systems erreicht, so kann man die Sonne und die Planeten, ganz besonders aber den Mond, nach ihren Parallaxen, an die Erde heranrücken, so dafs nun eine Reihe von Körpern sich im Innern des Raumes bewegen, der von den Fix-Sternen umgrenzt ist. Wenn zwei Schiffe eines Geschwaders, *A* und *B*, ihren Abstand nach Gröfse und Richtung beständig verändern, so dafs das eine Schiff etwa um das andere herumfährt, und wenn dieser Abstand nach Augenmafs und mittels des Compasses wiederholt geschätzt und in eine Karte nach Polarcoordinaten eingetragen wird, so braucht man die Karte, welche den in *A* beobachteen Lauf von *B* darstellt, nur in ihrer Ebene um 180° zu drehen, um die Karte des in *B* beobachteten Laufes von *A* zu erhalten. Hiernach weifs man, wie den Mondbewohnern die Erde zu laufen scheint, was unwichtig ist, man weifs aber auch, wie von der Sonne aus der Lauf der Erde erscheint, was deshalb wichtig ist, weil sich nach Kopernikus für diesen Standpunkt die für uns verwickelten Planetenbahnen so einfach gestalten, wie etwa für uns die Bahn des Mondes. In der That mufs, wenn die Erde in 1 Jahr um die Sonne läuft, der Jupiter in 5 mal gröfserer Bahn in 12 Jahren, von der Erde aus Jupiter bald rechtläufig, bald rückläufig erscheinen, jenes, wenn Erde und Jupiter von der Sonne aus in entgegengesetzten, dies, wenn sie in gleichen Richtungen stehen. Man denke sich etwa zwei Eisenbahnzüge in ringförmigen conzentrischen Geleisen.

Wir haben hiermit angedeutet, wie man aus den anschaulich gewonnenen Grundlagen später und zwar allmählich auch zu dem Kopernikanischen System übergehen kann, welches für die mechanischen Betrachtungen unerläfslich ist. Dafs dieser

natürliche Weg noch nicht allgemein beschritten wird, zeigt ein Aufsatz in den Blättern für höheres Schulwesen, 13. Jahrgang No. 6 und 7. Es heifst dort, das von den Lehrplänen verlangte verständnisvolle Anschauen der umgebenden Natur sei „natürlich“ nur dadurch zu erreichen, dafs dem Schüler der Blick für die Ursachen der vorliegenden geographischen Erscheinungen geschärft werde, d. h. durch fafsliche Behandlung der allgemeinen Erdkunde. Nachdem so der Verfasser jene Vorschrift umgedeutet hat, stimmt er ihr als einem wesentlichen Fortschritte mit Freuden zu, um sie gleich darauf im Vergleich zu dem Anschauen der Karte noch weiter herabzusetzen, da, wie die Dinge einmal liegen, das Anschauen der Natur doch einseitig bleiben müsse, weil am Wohnort sich nur eine beschränkte Anzahl geographischer Erscheinungen anschauen lasse. Für die mathematische Geographie empfiehlt der Verfasser weise Beschränkung. Wenn die Sextaner begreifen lernen, dafs die Erde ein kugelartiger Körper ist, der sich „um seine eigene Achse“ in 24 Stunden dreht, sich mit anderen Weltkörpern in 365 Tagen um die Sonne „dreht“ [läuft], wenn sie ferner lernen, dafs durch die Achsendrehung Tag und Nacht, durch die „Drehung“ [Bewegung] um die Sonne die Jahreszeiten entstehen — wobei ihnen nichts von der schrägen Achsenstellung gesagt werden darf! —, wenn sie sich weiterhin nach dem Stande der Sonne über die Himmelsrichtungen orientieren lernen [das müfste den Anfang machen!], auch den Unterschied von Längenkreisen und Längengraden begreifen, wenn sie das am Globus und Tellurium gelernt haben, dann haben sie genug von diesen Dingen „begriffen“, ihre Kenntnisse bedürfen dann in den folgenden Klassen nur geringer Erweiterung, bis sie später im mathematisch-physikalischen Unterricht auch die schwierigeren Probleme der mathematischen Geographie „erlernen“. Wir meinen dagegen, dafs auf diese Weise garnichts begriffen ist, dafs diese vermeintlichen Kenntnisse nicht geringer Erweiterung, sondern vollständiger Zerstörung bedürfen, ehe man ein wirkliches Verständnis der einfachsten Vorgänge erzielen kann. Es ist aber sehr schwer, eingewurzeltes Unkraut auszujäten. Die Naturwissenschaft überliefert nicht Dogmen als unbezweifelte Wahrheit über geheimnisvoll verhüllte Dinge, sondern zeigt, in wie weit man mittels der Sinne und des Verstandes sich selbst Autorität sein kann.

Bei dem Aufschwunge, den die Geographie in den letzten Jahren genommen, war zu erwarten, dafs Baumeisters *„Didaktik und Methodik“* für die astronomische Geographie eine Anleitung bieten würde, die von den eben gerügten Mängeln frei wäre. Diese Erwartung hat sich nur in sehr geringem Umfange bestätigt. In dem genannten Werk ist die Geographie an zwei Fachmänner verteilt, in Abschnitt XI behandelt Siegmund Günther die mathematische Geographie, in XII Alfred Kirchhoff die Geographie. Leider ist nun die Kartenprojektion ganz unerörtert geblieben, da sie jeder Autor dem anderen überliess. (Nur beiläufig wird als Muster für Extemporale-Karten ein Zerrbild von Afrika nach eigentümlicher Projektion vorgeführt. Die äufsersten Meridiane kommen am Äquator plötzlich um 30° aus der Richtung. Wie sähe ein Plan einer regelmäfsigen Stadt aus, die dort gerade läge?) Kirchhoff will zwar zunächst die Himmelsrichtungen vom Polarstern und der Richtung der höchsten Sonnenstände ableiten, steht aber in Bezug auf die Globuslehre, von der man nicht auf mathematische Erdkunde abschweifen solle, genau auf dem oben kritisierten Standpunkt (a. a. O. XII, 22): Man bediene sich eines recht grofsen Globus und eines guten Telluriums. Denn nur mit Hülfe des letzteren sei den Schülern die Lehre von der Doppelbewegung der Erde um ihre Achse und um die Sonne zur Genüge klar zu machen. Sei hieraus dem Anfänger die Ursache von Tag

und Nacht, vom Wandel der Jahreszeiten verständlich geworden, habe er begriffen, dafs die Erde eine Kugel sei, was man unter Breiten- und Längengraden verstehe, so sei er voll gerüstet zur Länderkunde.

Im übrigen wünscht Kirchhoff, dafs der Lehrer etwas von Geologie verstehe, bemängelt die Bezeichnung „physikalische Geographie" und rät dem Staate, der allgemeine physische Erdkunde in die Hand der mathematisch-physikalischen Lehrer oberer Klassen lege, dass er unbedingt von ihnen den Nachweis erdkundlicher Lehrbefähigung fordere. Denn es wäre ein schwerer Irrtum, zu meinen, ein Physiker könne aus dem ihm geläufigen Naturgesetzen ohne weiteres geographischen Nutzanwendungen ziehen. Man hört wohl durchklingen: Die Geographie für die Geographen. Dass in der That Bedenken analoger Art nicht ganz abzuweisen sind, läfst sich aus des Verfassers „Erdkunde für Schulen" erläutern, zu der diese Methodik überhaupt einen der Beachtung werten Commentar bildet. S. 270: Merkur ist kaum mit dem Fernrohr bei Morgen- und Abenddämmerung erkennbar. S. 273: Eine vollständige [d. h. totale] Finsternis finde nur dann statt, wenn die Mittelpunkte der Sonnen- und der Mondscheibe genau im Knotenpunkt ständen. S. 274: Beweis, dafs man die Sonnenentfernung nicht wie die des Mondes durch gleichzeitige Beobachtungen in Berlin und Capstadt finden könne. S. 277: Der Tierkreis ein äquatorialer Himmelsgürtel. — Die Zeit eines Umlaufs der Erde um die Sonne ist nie mit derjenigen von 365 oder 366 Tagen ohne Rest teilbar. — S. 282: Weil die Resultante der Anziehungen aller Massenteilchen nach dem Erdmittelpunkt gehe, heifse dieser der Schwerpunkt. S. 283: Daraus, dafs man fand, um wieviel sich das Gewicht eines Körpers verminderte, wenn man ihn in eine höhere Lage brachte, berechnete man das absolute Gewicht der Erde! — S. 296: Die Luftteilchen in den Kalmen steigen auf, kühlen sich ab, fallen wieder herunter, wiederholen dieses Spiel unzählige Male, durch den ständigen Nachschub verdichtet sich doch schliefslich die Luft in der Höhe und verdrängt nun die minder dichte Luft, von der sie seitwärts begrenzt wird. Man wird an Voltas Hageltheorie erinnert. — S. 297: Foucaults Pendel und die Ablenkung geradliniger Bewegungen werden durcheinander geworfen. Zur allmählichen Rechtsablenkung des Windes trage aufser der Rechtsablenkung geradliniger Fortbewegung noch die Thatsache das ihre bei, dafs die Luftteilchen von niederen Breiten raschere Rotationsbewegung mitbringen, die von höheren langsamere. — S. 302: Ebbe und Flut wird aus den vom Centrum der Erde wegstrebenden Kräften erklärt, die auf den dem Monde zugewandten und den von ihm abgewandten Punkt der Wasserhülle wirken. [Es mufs auch für die Punkte, welche von den genannten 90° entfernt sind, die Kraft bestimmt werden. Sie ist nicht 0. Wäre sie auch hier vom Centrum der Erde abgewandt, so könnte Ebbe und Flut aufgehoben werden.] — S. 303: Die von der Sonne hervorgebrachte Flut ist viel schwächer als die des Mondes, da die Sonne 400 mal weiter entfernt ist. Sie ist aber nur $2\frac{1}{2}$ mal schwächer.

Der Bearbeiter der mathematischen Geographie setzt sich durchaus in Gegensatz zu der oben angeführten Art dogmatischer Globuslehre, er beginnt mit goldenen Worten über das Wesen und den pädagogischen Wert der Anschauung, den er durch geschichtliche Rückblicke begründet. Die Abschnitte über Didaktik der mathematischen Geographie in früherer Zeit, über den Gegensatz der dogmatischen und genetischen Lehrmethode, über das Ptolemäische und Kopernikanische Weltsystem enthalten in klarer Darstellung sehr beherzigenswerte Wahrheiten: „Es wäre zu wünschen, dafs die Schüler keinerlei Kenntnisse von dem Kopernikanischen Weltsystem besäfsen und lediglich die naive Anschauung der Naturvölker in den Anfangsunterricht mit-

brächten. Im Mittelalter und Altertum sei unter den Gebildeten mehr wirkliche Kenntnis der Beziehungen zwischen Erde und Sternhimmel zu finden gewesen als heutzutage, obwohl jetzt jedes Kind einige Beweise für die Kugelgestalt und Drehung der Erde hersagen könne. Der Lehrgang müsse sich an den Prozeſs des geschichtlichen Werdens der Wissenschaft anschlieſsen. Wer die beiden Sätze des Kopernikus dogmatisch formulieren und mit hübsch abgezirkelten Beweisen versehen wollte, der würde nicht in dem echt induktiven Geist des Kopernikus, aber auch nicht im Geiste einer rationellen Pädagogik handeln."

Leider steht die Ausführung im einzelnen zu den allgemeinen Darlegungen im Miſsverhältnis. Schon der Anfang zeigt, daſs der Verfasser nicht vom Augenschein am Himmel ausgeht, sondern lediglich eine Armillar-Sphäre beschreibt und sie zum Himmel vergröſsert. Er leitet die Himmelsrichtungen aus den Sehnen ab, welche Aufgangs- und Untergangspunkt eines Sternes verbinden. Diese Sehnen existieren nur an dem Modell, denn in der Wirklichkeit liegen sie in unerreichbarer Ferne. Nun werden definiert: 9 Punkte (Standort, Kardinalpunkte des Horizonts, die Pole, Zenith, Nadir), 3 Linien (Mittags-, Ost-West-Linie, Umdrehungsachse), 4 Hauptkreise (Horizont, Meridian, Äquator, Haupt-Vertikal). Wozu den Schüler mit diesem ganzen geometrischen Gerüst auf einmal überschütten? Aus der Anschauung lernt man den Äquator etwa als Weg des Gürtels des Orion kennen und der Sterne, die ihm folgen, der Haupt-Vertikal ist überflüssig. Der Verfasser erkennt zwar selbst, daſs sein Weg etwas trocken und dürftig erscheinen mag, sieht aber keine andere Möglichkeit, Vertrautheit mit den Himmels-Erscheinungen zu erreichen. — Die Beobachtung einer einzigen Nacht reiche hin, zu erkennen, daſs es Sterne gebe, die nicht untergehen, die sog. Circumpolar-Sterne. Das ist eine irrtümliche Deduktion, die Anschauung lehrt das schon in ein oder zwei Stunden. — Wenn die Schule ein besseres Fernrohr besitze, werde der Lehrer nicht versäumen, einen oder den anderen helleren Circumpolarstern den Schülern auch bei Tageslicht zu zeigen. Warum gerade Circumpolarsterne, sind die andern etwa, weil nicht immer sichtbar, untergegangen und nun nicht zu sehen? — Im weiteren geraten wir in eine vollkommene Verwirrung zwischen einem auf der Erde ruhenden Kugelgewölbe, dessen Sitz etwa die blaue Luft ist, und der sich um die Weltachse drehenden Fixstern-Sphäre. Den 4 Hauptkreisen der Sphäre, die oben genannt, werde durch die Sonnenbewegung ein fünfter hinzugefügt, die Ekliptik. Aber jene lagen auf dem festen, diese liegt auf dem beweglichen Himmelsgewölbe! Die Sonnenbahn schneide den Äquator in 2 Punkten; hier ist an den Äquator des Fixsternhimmels zu denken, sie beschreibe am Himmel den nördlichen Wendekreis, hier ist der auf der Erde ruhende Himmel zu nehmen. Litterarisch wird allerdings angeführt, daſs Martus, einer der gründlichsten Kenner, darauf bestanden habe, daſs das System, welches den Sternort durch Stundenwinkel und Deklination ausdrückt, als ein selbständiges viertes Coordinatensystem anerkannt werde. — Das Wort Ekliptik solle etymologisch erklärt werden durch Hinweis darauf, daſs Verfinsterungen eintreten, wenn Sonne und Mond sich zugleich im Schnittpunkt der Ekliptik und des Äquators befänden[5])! — Weiter wird an Coordinaten-Transformationen erinnert: ein Stern wird nach Azimut und Höhe gegeben, wie groſs ist seine Rektascension und Deklination? Diese — unvollständige — Aufgabe soll durch Abmessen am Globus leicht zu lösen sein, für die trigonometrische Lösung aber noch

[5]) Günther, S. 16, sagt in einer Anmerkung in einem ähnlichen Falle: „Gewiſs war dies nur eine Gedankenlosigkeit, allein Gedankenlosigkeiten solchen Schlages können nicht vorkommen, wenn die Anschauung gehörig gebildet war."

eine Gleichung erfordern. Diese, die sehr wichtig sei, weil sonst leicht eine Lücke im Verständnis offen bleibe, bestehe in der Identität:

Rektascension + Sternzeit = Stundenwinkel.

Das ist falsch! Rektascension gehört auf die andere Seite. In der „Mathematischen Geographie" des Verfassers steht zwar die richtige Beziehung, aber auch ohne Ableitung, entnommen aus R. Wolfs Handbuch der Astronomie. — Der Verfasser macht ferner darauf aufmerksam, welche unglaubliche Verwirrung bei sonst wohl unterrichteten Leuten über die Zeitgleichung im Schwange sei, und macht deshalb dem Lehrer zur Pflicht, hierüber aufzuklären, er solle sich aus Martus' „astronomischer Geographie" darüber unterrichten. — Die Dämmerung soll durch dieselbe Strahlenbrechung veranlaſst werden, welche die Sonne vor ihrem eigentlichen Aufgang sichtbar mache. — Das Gewicht der Gründe für die Erdkrümmung, die man auf einer Reise nach Norden aus der wachsenden Polhöhe entnimmt, zerstört der Verfasser durch folgenden erklärenden Satz: Es leuchtet ein, da ja auch das Firmament eine gekrümmte Fläche sei, daſs es sich mit der Erde analog verhalten werde. Was wir Mittagslinie nennen, sei ein mit dem Himmelsmeridian concentrischer Kreis. Das Firmament beruht aber auf der willkürlichen Vorstellung des Menschen, der bisweilen die Sterne auch auf ein Dodekaeder statt auf eine Kugel projiziert. Ist deshalb dann auch die Erde ein Dodekaeder? Ferner, wo liegt der Mittelpunkt eines Himmelsmeridians? Wenn man von Berlin aus beobachtet, doch in Berlin! Dann sind Himmels- und Erdmeridian nicht concentrisch. Auch die Angabe, daſs sich aus gleichmäſsiger Krümmung von Norden nach Süden, und aus gleichmäſsiger Krümmung von Osten nach Westen notwendig die Kugelgestalt ergebe, ist geometrisch hinfällig. — Da die Erde jetzt dem Himmel concentrisch ist, so gelingt es dem Verfasser leicht, vom Centrum aus Parallelkreise, Wendekreise, auch Ekliptik — der Vollständigkeit wegen — auf die Erde zu übertragen, die vorübergehend erwähnte Abplattung muſs dabei allerdings wieder verabschiedet werden, sie wäre hier störend. Dafür wird sogar das Geoid genannt. Als Radius der Erdkugel, die das Sphäroid mit der Polarachse $2b$ und der Äquatorialachse $2a$ ersetzt, schreibt der Verfasser $(a+b)/2$, genauer $\sqrt{ab}$ vor, richtig ist $(2a+b)/3$ oder besser $\sqrt[3]{a^2 b}$, womit man der Kugel den Inhalt und die Oberfläche der wirklichen Erde giebt. — Der Begriff der Parallaxe sei schwierig, der Schüler begreife nicht, wie der Winkel, unter dem vom Gestirne aus die Erde erscheine, von der Erde aus zu bestimmen wäre. Was solle deshalb der Lehrer thun? Den Zusammenhang mit der Distanz scharf betonen und die Formeln diskutieren. Wir würden dagegen raten, die Parallaxe als scheinbare Ortsveränderung eines nahen Gestirns am Fixsternhimmel, veranlaſst durch Ortsveränderung des Beobachters, zu erklären und daraus zu deduzieren, daſs Parallaxe der Winkel ist, unter dem die Erde von dem nahen Gestirn aus erscheint. Hieraus dann die Entfernung zu berechnen, bietet nicht die geringste Schwierigkeit. — Die genaue Bestimmung der Mond-Entfernungen durch die gleichzeitigen Beobachtungen von Berlin und Capstadt aus soll sich angeblich ohne Benutzung der Parallaxe vollzogen haben, deshalb dem unbefangenen Verstande näher liegen. — Die Rotationsdauer der Sonne werde aus der Zahl von Tagen bestimmt, während welcher ein Sonnenfleck unsichtbar bleibe. Einen am Rande verschwundenen Sonnenfleck findet man aber oft nicht am andern Rande wieder, man benutzt lieber einen Sonnenfleck, während er sichtbar vorüberzieht, und vergleicht seinen Weg mitten auf der Sonnenscheibe mit der Zahl der Tage, während welcher die Beobachtung möglich war. — Endlich wird auch noch die Chronologie gestreift, man habe früher das Osterdatum

für jedes einzelne Jahr durch einen mühsamen Kalkül ausrechnen müssen, bediene sich heute aber der eleganten Gaufsschen Osterformel, welcher nur der Eingeweihte ansehe, aus welch schwerer Gedankenarbeit sie hervorgegangen sei. Es sei daher nicht möglich, sie elementar zu beweisen. Thatsache ist jedoch, dafs die Chronologen Ostern nicht für jedes einzelne Jahr nach der Gaufsschen Formel berechnen, sondern lieber nach den von Clavius im verbesserten Kalender aufgestellten, allein mafsgebenden, zum Teil sehr willkürlichen Regeln verfahren, mit denen Gaufs seine Formel erst durch eine Verbesserung in volle Übereinstimmung brachte. In der kürzlich erschienenen Chronologie von Franz Rühl[6]) wird der Sachverhalt richtiger so dargestellt, Gaufs habe sich das Vergnügen gemacht, die Hülfstafeln in eine Formel zusammenzuziehen. Jedenfalls scheint es uns viel nützlicher, die leicht verständlichen Hülfstafeln zu erklären, als nach einer unbewiesenen Formel zu rechnen. Kürzlich hat Goldscheider[7]) die Osterberechnung von den Quellen bei Clavius bis zu der Gaufsschen Formel klar und genau dargestellt, so dafs man jetzt eine zuverlässige Einsicht in das Wesen der Sache auch ohne das Studium des weitschichtigen Quellenwerkes erlangen kann.

Man wird aus dem Gesagten erkennen, welche Bedenken auch gegen diese Methodik noch zu erheben sind. Wenn die Geographie eine Naturwissenschaft mit historischen Elementen ist, so sind nur die letzteren hier in brauchbarer Weise behandelt worden.

Chemische Schulversuche.

Von

Professor **Friedrich Brandstätter** in Pilsen.

1. Versuche mit Äther.

Im VII. Jahrgang dieser Zeitschrift (S. 183) habe ich einige Apparate und Versuche beschrieben, die dazu dienten, die Schwere des Ätherdampfes nachzuweisen. Höchst einfach und sehr bequem gelingt dies auch mit der nachstehenden Vorrichtung. Ein in vertikaler Lage befestigter Glastrichter von etwa 7 cm Durchmesser (*a* in Fig. 1) wird an seinem untern Röhrenende durch ein kurzes Schlauchstück mit einer Glasröhre von 3 dm Länge (*b*) versehen, die an ihrem Ende nach oben gebogen ist. Man giefst auf ein etwa nufsgrofses Stück eines Badeschwammes etwas Äther und legt den damit angesogenen Schwamm in den Trichter. Die Ätherdämpfe fallen durch die Röhre hinab und können an dem umgebogenen Ende sofort entzündet werden, worauf sie so lange ruhig brennen, bis der Äther im Schwamm verdunstet ist. Derselbe Versuch läfst sich auch mit Steinkohlenbenzol oder Petroleumbenzin ausführen. Die Benzoldämpfe brennen mit besonders hell leuchtender und nicht rufsender Flamme.

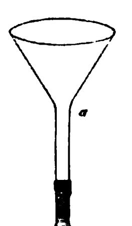


Fig. 1.

Um die heftige Explosion beim Entzünden eines Gemenges von Ätherdampf und Sauerstoff vollkommen gefahrlos zu zeigen, empfehle ich folgende Anordnung. Ein kleines Pulverglas von 20—30 cm³ Inhalt (*a* in Fig. 2) wird zu $1/4$ mit Äther beschickt und mit doppelt durchbohrtem Pfropfen verschlossen, dessen eine Bohrung ein rechtwinklig gebogenes, bis zum Grunde reichendes Glasrohr (*b*) enthält, während die

[6]) Chronologie des Mittelalters und der Neuzeit. Mit zahlreichen Tabellen. Berlin 1897.

[7]) Über die Gaufssche Osterformel. Teil I. Progr. d. Luisenstädtischen Realgymnasiums zu Berlin. Ostern 1896.

andere Bohrung das kürzere, ebenfalls rechtwinklig gebogene Ableitungsrohr *c* trägt. Man leitet nun aus einem Gasometer durch Rohr *b* einen mäfsigen Sauerstoffstrom ein, welcher, mit den Ätherdämpfen gemischt, durch einen an das Ableitungsrohr *c* befestigten Schlauch in Seifenlösung geführt wird, die sich auf einem Teller befindet. Die dadurch entstandenen, auf der Oberfläche der Seifenlösung schwimmenden Blasen werden nach Wegnahme des Zuführungsschlauches mit einem Wachskerzchen entzündet und verpuffen mit heftigem Knalle. Dieser Versuch kann auch mit andern brennbaren und sehr flüchtigen Flüssigkeiten, wie Schwefelkohlenstoff, Benzol, Petroläther u. dgl. ausgeführt und so die Explosionsgefahr ihrer mit Sauerstoff oder Luft gemischten Dämpfe wirksam demonstriert werden.

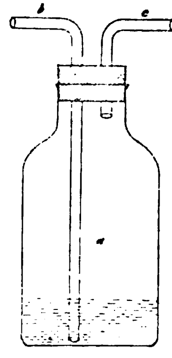


Fig. 2.

2. Versuche mit Acetylen.

Im IX. Jahrgang dieser Zeitschrift (S. 171) wurde die Darstellung des Acetylens aus Calciumcarbid und Wasser und seine zweckmäfsige Verbrennung als Schulversuch beschrieben. Da man bei der höchst stürmischen Einwirkung des Wassers auf das Carbid jenes nur tropfenweise mittels Hahntrichters zufliefsen lassen darf, war die Darstellung im gewöhnlichen Gasentwicklungsapparat ausgeschlossen und auf eine gleichmäfsige Gasentwicklung nicht zu rechnen. Bei folgender Anordnung gelingt beides.

In einer gewöhnlichen, mit einfachem Trichter und Ableitungsrohr versehenen Gasentwicklungsflasche wird Calciumcarbid in kleinen Stücken eingetragen — 15 g genügen zur Erzeugung von beiläufig 5 Litern Acetylen —, durch das Trichterrohr zunächst soviel rektificierter (96 %) Weingeist eingefüllt, dafs das Carbid davon vollkommen bedeckt wird, und hierauf langsam so viel Wasser nachgegossen, bis die Gasentwicklung reichlich genug vonstatten geht. Schon die ersten Portionen Wasser bewirken eine langsame Gasentbindung, die sich bei weiterer Zugabe des Wassers stetig vermehrt. Man ist auf diese Art imstande, jede beliebige Gasstromstärke zu erzielen, umsomehr, als eine zu stürmische Gasentwicklung durch Zugabe von Weingeist wieder gemäfsigt werden kann.

Für die Verbrennung des Acetylens empfehle ich aufser dem bereits im IX. Jahrgang beschriebenen noch folgenden, sehr lehrreichen Versuch. Man verbindet einen gewöhnlichen Bunsenschen Brenner durch ein Gabelrohr einerseits mit der Gasleitung, andrerseits mit dem mit Acetylen gefüllten Gasometer. Zuerst wird die Gasleitung geöffnet und das Leuchtgas bei geschlossenen Luftlöchern des Brenners entzündet. Es brennt mit leuchtender, aber nicht rufsender Flamme. Nun läfst man Acetylen (gleichzeitig mit dem Leuchtgas) zuströmen, wobei die Flamme stark zu rufsen beginnt. Sobald nun die Luftlöcher entsprechend geöffnet werden, hört das Rufsen auf, und die Flamme wird, besonders bei richtiger Regulierung des Luftstromes, blendend weifs. Wird der Acetylenzuflufs abgesperrt, so wird die Flamme sofort entleuchtet, um beim abermaligen Zuführen von Acetylen wieder mit intensivster Leuchtkraft zu brennen. Dadurch lernt der Schüler den hohen Kohlenstoffreichtum des Acetylens im Vergleiche zum gewöhnlichen Leuchtgase kennen, da jenes noch dann eine Leuchtkraft entwickelt, wenn es mit einer Menge Luft gemischt ist, die eine Leuchtgasflamme zum völligen Entleuchten bringt. Bei diesem Versuch kann auch auf die Bedeutung des Acetylens zum Carburieren des Leuchtgases hingewiesen werden.

Zur Darstellung des explosiven Acetylensilbers oder Silbercarbids kann statt des Einleitens von Acetylen in eine ammoniakalische Silberlösung noch einfacher das Calciumcarbid selbst in eine mäfsig conzentrierte Silbernitratlösung geworfen werden, wobei sich sofort die braunen Flocken des Silbercarbides abscheiden, die filtriert und getrocknet, durch Hammerschlag oder Erhitzen auf einem Eisenblech zur Verpuffung gelangen. Die Bildung des Acetylensilbers erfolgt nach der Gleichung:

$$Ca\,C_2 + 2\,Ag\,NO_3 = Ag_2\,C_2 + Ca\,(NO_3)_2.$$

Das Acetylensilber ist übrigens sehr vorsichtig zu behandeln, da es nach meinen Erfahrungen zuweilen schon bei blofsem Berühren, ähnlich wie der Jodstickstoff, auf das heftigste explodiert. Es ist daher ratsam, nur sehr kleine Mengen darzustellen und das Trocknen bei gewöhnlicher Temperatur vorzunehmen.

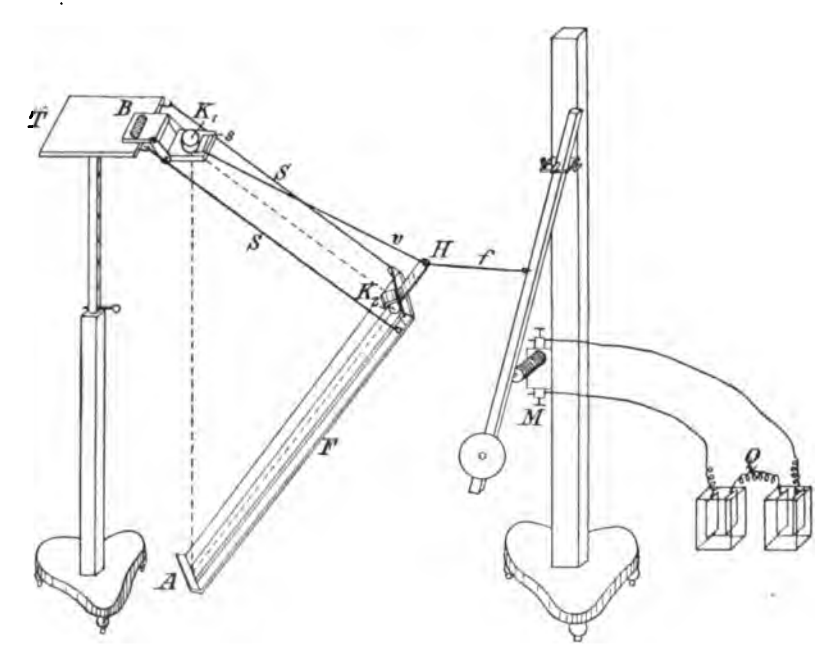
Kleine Mitteilungen.

Zur Demonstration der Galileischen Fallgesetze.

Von Prof. **Richard Mieks** in Triest.

Die Apparate, welche zur Demonstration des Galileischen Gesetzes der gleichen Fallzeit eines Körpers längs eines vertikalen Durchmessers und einer beliebigen Sehne desselben Kreises verwendet werden, sind, soweit mir bekannt, sehr primitiver Natur; auch ist das Fallenlassen der Kugeln mit der Hand weder genau und einwandsfrei, noch elegant.

Die Zusammenstellung, die ich mir durch beigelegte Skizze vorzuführen erlaube, erfüllt, wie ich mich oft überzeugt habe, vollkommen den erwünschten Zweck.



Mittels zweier Schnüre (*S*, *S*) wird die Galileische Fallrinne (*F*) so an zwei Häkchen des gehobenen Experimentiertisches (*T*) befestigt, dafs sie mit den Schnüren einen rechten Winkel bildet. Auf dem Tischchen befindet sich, durch ein Gewicht beschwert, ein (zur Abänderung der Lage der Fallrinne) verschiebbares Brettchen (*B*), welches eine runde Öffnung besitzt.

Diese Öffnung wird durch einen Metallstreifen (*s*) soweit verengt, dafs die darauf befindliche Kugel (K_1) gerade noch gehalten wird. Der drehbare Streifen ist an einem Ende mit dem Hebel (*H*) der Fallrinne, welche die zweite Kugel (K_2) trägt, durch eine Schnur (*v*)

verbunden. Dieser Hebel steht wieder mit dem Pendel (z. B. der Atwoodschen Fallmaschine) in Verbindung, welches durch den Elektromagneten (*M*) bei gespanntem Faden (*f*) aus der Gleichgewichtslage gehalten wird.

Verschwindet, durch Herausziehen des Drahtes aus einer Klemmschraube der Stromquelle (*Q*), der elektrische Strom, so fällt das Pendel herab, hebt dadurch den Hebel *H*, welcher den Streifen *s* an sich zieht, wodurch beide Kugeln K_1 und K_2 gleichzeitig, K_1 frei, K_2 längs der Fallrinne, herabfallen. Man hört nur einen Schlag bei gleichzeitigem Zusammentreffen beider Kugeln in *A*.

Neue Operation der Myopie in physikalischer Beleuchtung.

Von Prof. Dr. A. Kurz in Augsburg.

Der bekannte Augenarzt und Schulhygieniker Cohn in Breslau machte in der „Gartenlaube" v. J. 1896 Mitteilung über eine i. J. 1888 bzw. 90 aufgetauchte Operation der hochgradigen Myopie durch Dr. Fukala in Wien, welcher er eine hohe Bedeutung zuschreibt. Sie besteht in der Entfernung der Linse aus dem Auge, wie beim grauen Staar; in diesen Zustand wird auch die Linse vorher durch Anstechen versetzt, weil die dadurch allmählich trüb werdende Linse sich leichter vollständig entfernen lasse als die unversehrte Linse.

Wenn Cohn sagt, dafs in dem so operierten Auge „die Brechung nur mehr von der Hornhaut herrühre", so ist zu entgegnen, dafs die optische Wirksamkeit vom Krümmungsradius r der Hornhaut und vom Brechungsexponenten n des Augeninhalts abhängig ist nach der bekannten Formel der Objekt- und Bildweite a und a_1

$$\text{I.} \quad \frac{1}{a} + \frac{n}{a_1} = \frac{n-1}{r};$$

zum deutlichen Sehen mufs a_1 ganz oder wenigstens sehr nahe mit der Länge des Auges von der Horn- zur Netzhaut übereinstimmen, weil dann das Bild des leuchtenden Punktes auf die Netzhaut trifft oder nur einen ganz kleinen Zerstreuungskreis auf ihr bildet.

Wie in meiner Rechnung des normalen Auges, s. Jahrg. 1895 d. Zeitschr., soll $n = 4/3$ und $r = 0{,}8$ cm sein. Cohn nennt zunächst $a_1 = 2{,}7$ und 3,3 (Langbau) als zwei Grade der Myopie gegenüber $a_1 = 2{,}3$ beim normalen Auge. Dafs meine dortige Rechnung, die mit ausdrücklicher Vernachlässigung der Hornhaut (als hätte sie die Dicke Null) geführt wurde, die thatsächlichen Verhältnisse des normalen Auges wiedergiebt, ist eine Gewähr für die Richtigkeit dieser vereinfachenden Annahme.

Um indessen die Hornhaut gründlich abzuthun, sei δ ihre geringe Dicke und n_1 ihr Brechungsverhältnis; dann gilt nach der Linsenformel für die Brennweite h der Hornhaut allein, wenn a und r die frühere Bedeutung, b die Bildweite bedeutet:

$$\text{II.} \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = (n_1 - 1)\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r-\delta}\right) = \frac{1}{h}.$$

Wegen der Kleinheit von δ kommt

$$-(n_1 - 1)\frac{\delta}{r^2} = \frac{1}{h},$$

d. h. h ist negativ, und deshalb auch b; dieses ist absolut genommen wenig kleiner als a; kurzum, wir können diese schwache Conkavlinse, die die Hornhaut vorstellt, vernachlässigen.

Cohn sagt von der Operation: Geheilte haben ohne Glas in 35 bis 60 cm Abstand gelesen; oder man nimmt eine Brille für 30 cm.

Zur Erläuterung hiervon diene I. mit den numerischen Werten: $\frac{1}{35 \text{ bis } 60}$ für das 1. Glied, $\frac{4}{3 \cdot 3{,}3}$ für das 2. Glied (bei starker Myopie), und $\frac{1}{3 \cdot 0{,}8}$ für das 3. Glied. Da die beiden letzten Glieder fast gleich sind, ist das erste Glied als Null, oder $a = 35$ bis 60 als unendlich zu betrachten. Also kein Glas notwendig.

Was ferner die Brillen betrifft, so wollen wir nun nach Cohn fünf Grade der Myopie unterscheiden und 20 Nummern conkaver Gläser, 1 bis 20, welche das nicht operierte Auge braucht, wenn es sieht bis 1 m, bis $1/2$ m, bis $1/3$, ... bis $1/20$ m beziehungsweise.

1. Das nicht operierte Auge sehe bis $^1/_3$ m; dann liest es ohne Brille und sieht in die Ferne mit dem Conkavglase

$$\frac{1}{\infty} - \frac{1}{33} = \frac{1}{F} \text{ oder } F = -33 \text{ cm, d. i. Nummer 3.}$$

2. Das nicht operierte Auge sehe bis $^1/_6$ m; dann liest es im Abstand 30 cm gemäfs

$$\frac{1}{30} - \frac{1}{15} = \frac{1}{f} \text{ oder } f = -30 \text{ cm, d. i. auch noch Nummer 3 bis 4.}$$

Zum Sehen in die Ferne aber wird

$$\frac{1}{\infty} - \frac{1}{15} = \frac{1}{F} \text{ oder } F = -15, \text{ d. i. Nummer 6 bis 7.}$$

Die höheren Nummern als diese sollen nun nach Cohn durch die Operation ersetzt werden, indem sie die Bilder zu sehr verkleinern und verzerren, Kopfweh verursachen und von den Patienten beiseite gelegt werden, wenn sie ihnen auch durch einen Arzt verordnet waren. Cohn führt z. B. an:

3. Das nicht operierte Auge sehe bis $^1/_{10}$ m; dann wird entsprechend der Rechnung wie in 2.:

$$\frac{1}{30} - \frac{1}{10} = \frac{1}{f} \text{ oder } f = -15, \text{ d. i. Nummer 6 bis 7,}$$

aber

$$\frac{1}{\infty} - \frac{1}{10} = \frac{1}{F} \text{ oder } F = -10, \text{ das wäre Nummer 10.}$$

Dagegen braucht jetzt das operierte Auge ein Convexglas. Rechnen wir I. für $a_1 = 2{,}7$, so wird

$$\frac{1}{a} + \frac{4}{8{,}1} = \frac{1}{2{,}4} \text{ oder nahezu } \frac{1}{a} = \frac{5}{12} - \frac{6}{12} = -\frac{1}{12} \text{ oder } a = -12 \text{ cm.}$$

Also mufs dieses operierte Auge, um in 30 cm Abstand zu lesen, gemäfs

$$\frac{1}{30} + \frac{1}{12} = \frac{1}{f} \text{ oder } f = \frac{60}{7} = 8 \text{ bis } 9 \text{ cm}$$

ein Convexglas von dieser Brennweite vorsetzen; und zum Fernsehen mufs

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{12} = \frac{1}{F}, \text{ d. h. } F = 12 \text{ cm}$$

sein (convex).

4. Das nicht operierte Auge entspreche den Nummern 12 bis 14, so braucht der Operierte für die Ferne kein Glas, sagt Cohn.

Rechnen wir mit der Mittelzahl 13 oder nahe mit 8 cm, so käme

$$\frac{1}{30} - \frac{1}{8} = \frac{1}{f} \text{ oder } f = -\frac{120}{11} = -11 \text{ cm oder Nummer 9}$$

und

$$\frac{1}{\infty} - \frac{1}{8} = \frac{1}{F} \text{ oder } F = -8 \text{ cm oder Nummer 12}$$

für das nicht operierte Auge.

Und für das operierte, wenn es für ∞ kein Glas braucht, ist nach I

$$\frac{1}{\infty} + \frac{4}{3a_1} = \frac{1}{3 \cdot 0{,}8} \text{ oder } a_1 = 3{,}2 \text{ die Augenlänge;}$$

zum Lesen in 30 cm Abstand mufs ein Convexglas von derselben Brennweite angewendet werden.

5. Das nicht operierte Auge entspreche den Nummern 15 bis 20, so braucht der Operierte ein schwaches Conkavglas, sagt Cohn.

Rechnen wir $a_1 = 3{,}3$ und $r = 0{,}8$, so kommt nach I.

$$\frac{1}{a} + \frac{4}{3 \cdot 3{,}3} = \frac{1}{2{,}4} \text{ oder } \frac{1}{a} = \frac{1}{60} \text{ oder } a = 60 \text{ cm Weite}$$

des deutlichen Sehens. Zum Lesen in 30 cm Abstand wäre da ein Convexglas nötig nach der Formel

$$\frac{1}{30} - \frac{1}{60} = \frac{1}{f} \text{ oder } f = 60 \text{ cm pos. Brennweite.}$$

Und für die Unendlichkeit

$$\frac{1}{\infty} - \frac{1}{60} = \frac{1}{F} \text{ oder } F = -60 \text{ cm, d. i. Nummer 2 bis 1.}$$

Man vergleiche damit, was Cohn und ich im obigen 7. und 8. Absatze über dieses Auge gesagt haben. Da die letzterwähnten beiden Gläser schwache sind, so findet zwischen hier und oben kein grofser Widerspruch statt, oder dieser löst sich mit der Schlufsbemerkung des 2. Absatzes.

6. Ich frug mich auch noch nach dem Einflusse von r; wenn $r < 0{,}8$, so wird die Myopie noch stärker; mit $r = 0{,}75$ und $a_1 = 3{,}3$ hat z. B. das operierte Auge

$$\frac{1}{a} + \frac{4}{10} = \frac{4}{9} \text{ oder } \frac{1}{a} = \frac{2}{45},\ a = 22{,}5 \text{ cm}$$

als deutliche Sehweite. Zum Fernsehen bedarf es der Linse

$$\frac{1}{\infty} - \frac{2}{45} = \frac{1}{F} \text{ oder } F = -22{,}5 \text{ cm, d. i. Nummer 4 bis 5,}$$

und zum Lesen (wenn ihm 22,5 zu klein dünkt) in 30 cm Abstand

$$\frac{1}{30} - \frac{2}{45} = \frac{1}{f} \text{ oder } f = -90 \text{ cm, d. i. Nummer 1.}$$

Dieses Auge bedarf also in beiden Fällen einer schwachen Conkavlinse und es ist darum vielleicht von Cohn mit den Worten bei 5 eher dieses (ein solches) Auge gemeint als das in 5. von mir gerechnete.

Schliefslich füge ich noch bei, dafs nach Cohn auch an Sehschärfe durch die Operation gewonnen werde. Als Beispiel führt er $^1/_6$ an vor und $^1/_2$ Sehschärfe nach der Operation. Zur Bestimmung der Sehschärfe dient das Snellensche Alphabet No. 6, und die Sehschärfe 1 ist es, wenn man das Wort Nosu in 6 m Abstand lesen kann, $^1/_2$ wenn in 3 m, $^1/_6$ wenn nur in 1 m; der Buchstabe N ist dabei 1,5 cm hoch und 1,2 cm breit, die kleinen Buchstaben osu wenig über 1 cm im Geviert.

Eine Akkumulatoren-Anlage für den Unterricht.

Von Dr. **A. Kadesch** in Wiesbaden.

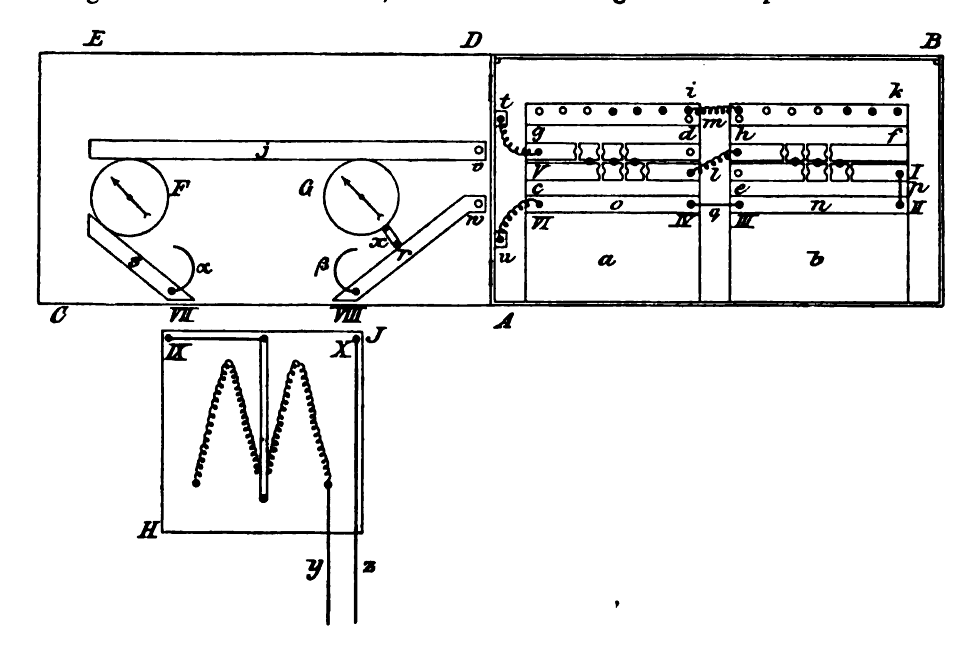
Da die Einrichtung unserer kleinen Akkumulatoren-Anlage den Beifall aller Fachgenossen gefunden hat, welche sie gesehen haben, so glaube ich nachstehend einen gröfseren Kreis von Kollegen mit ihr bekannt machen zu dürfen.

Bei der Ausführung derselben sollten folgende Bedingungen erfüllt werden: 1. Die Akkumulatoren sollten im physikalischen Lehrzimmer derart feste Aufstellung finden, dafs alle an ihnen vorzunehmenden Manipulationen vor den Augen der Schüler sich ausführen liefsen. 2. Die Anlage sollte ein den Schülern sichtbares Schaltbrett mit einem Ampèremeter und einem Voltmeter, sowie einen desgl. Rheostat enthalten. 3. Sämtliche Apparate, vielleicht mit Ausnahme des Rheostaten, sollten Unbefugten unzugänglich sein. 4. Die Anlage sollte mit möglichst wenigen und einfachen Handgriffen zur Lieferung von Strom an den Experimentiertisch bereit gemacht werden können. Die Erfüllung dieser Bedingungen ist auf folgende Weise zu erreichen gesucht worden.

Die Akkumulatoren (2 transportable Sätze *a* und *b* von je 4 Zellen) sind in einem Schranke *AB* untergebracht, welcher an der der Klasse gegenüberliegenden Zimmerwand auf 2 starken, in die Wand eingegypsten, schmiedeeisernen Trägern ruht. Die Deckplatte des Schrankes kann um hinten befindliche Scharniere in die Höhe geklappt werden, damit man zu den Öffnungen der Zellen gelangen kann, ohne die Sätze aus dem Schranke herausheben zu müssen. Als Zellenschalter dienen die Stöpselpachytrope *cd* und *ef*. Die gerade nicht benutzten Stöpsel werden durch Einstecken in Löcher der Leisten *gi* und *hk* aufbewahrt. Die Verbindung der Sätze mit einander geschieht durch Stöpselklemmen, die durch Spiralen aus blankem, dickem Kupferdraht (*l* und *m*) zusammenhängen. Bei Nichtgebrauch stecken die Klemmen ebenfalls in Löchern von *gi* und *hk*. Die Figur zeigt die Zellen jedes Satzes und die Sätze hinter einander geschaltet. *I—VI* sind gewöhnliche Klemmschrauben, *n* und *o* dicke Messingstreifen, *p* und *q* Verbindungsstücke aus dickem Kupferdraht.

Der Schrank ist verschliefsbar. Die in der Figur geöffnet dargestellte Thür *CD* trägt am Rande an der Stelle *E* eine starke kleine horizontale Messingplatte, welche sich beim Zumachen über die Deckplatte des Schrankes legt und deren Aufklappen verhindert. Die um 180° geöffnete Thür ruht mit ihrem Ende mit Reibung auf einem in die Wand gegypsten schmiedeeisernen Träger. Die Innenseite der Thüre dient als Schaltbrett und trägt als solches ein Ampèremeter *F*, ein Voltmeter *G* und die Messingschienen *j*, *r* und *s*, mit denen *F* und *G* in aus der Figur ersichtlicher Weise in Verbindung stehen. Der Anschlufs des Schaltbrettes an die Akkumulatoren geschieht durch Herausziehen zweier Stöpselklemmen aus Löchern der Holzklötzchen *t* und *u* und Einstecken in die Löcher *v* und *w*, indem die Klemmen mit *V* und *VI* durch Spiralen aus blankem, dickem Kupferdraht verbunden sind. *x* ist ein Kurbelunterbrecher zum Ein- und Ausschalten des Voltmeters.

Unterhalb der Stelle, welche die vollständig geöffnete Thür einnimmt, ist der Kurbelrheostat *HI* fest an der Wand montiert. Von diesem gehen die isolierten dicken Leitungsdrähte *y* und *z* zum Teil unter dem Fufsboden her zu 2 in die Platte des Experimentiertisches eingelassenen Sammelschienen, denen vermittels eingesteckter Stöpsel Strom entnommen



wird. Zur vollständigen Herstellung der Leitung nach dem Experimentiertisch sind noch die Kupferbügel *α* und *β* von rundem Querschnitt vorhanden, welche nach Lockerung der Klemmschrauben *VII* und *VIII* aus der in der Figur angedeuteten Lage um 180° nach unten gedreht werden, worauf man ihre freien Enden in die Klemmschrauben *IX* und *X* einsteckt und dann die Klemmschrauben *VII*—*X* anzieht.

In die Leitung von dem Rheostat nach dem Tische ist ein kleines Pachytrop eingeschaltet, von dem 2 isolierte Leitungsdrähte nach einer Gülcherschen Thermosäule führen, welche im nebenan befindlichen Sammlungsraume fest aufgestellt ist. Die Säule ist stets durch einen Schlauch mit der Gasleitung verbunden, und neben ihr steht ein gleichfalls durch einen Schlauch dauernd an die Gasleitung angeschlossener Bunsenbrenner, sodafs die Inbetriebsetzung der Säule in kürzester Zeit erfolgen kann. Vermittels des kleinen Pachytrops können in bequemer Weise folgende Schaltungen bzw. Verbindungen vorgenommen werden: 1. Akkumulatoren und Thermosäule können parallel geschaltet werden zwecks Ladung der ersteren. 2. Die Akkumulatoren können mit den Sammelschienen des Experimentiertisches verbunden werden. 3. Die Thermosäule kann mit den Sammelschienen verbunden werden. 4. Akkumulatoren und Thermosäule können auf Spannung geschaltet und die aus ihnen gebildete Batterie mit den Sammelschienen verbunden werden.

Die Anlage wurde auf Grund einer genauen Zeichnung und Beschreibung von einer bekannten Firma ausgeführt, welche auch alle einzelnen Apparate der Anlage geliefert hat. Die Gesamtkosten einschliefslich für die Thermosäule betrugen rund 600 Mark. Die Anlage ist nun fast ein Jahr in Betrieb und hat sich bewährt. Nur die Stöpselpachytrope erwiesen sich als nicht so bequem, wie wir gewünscht hätten. Wir nahmen sie seiner Zeit an, weil sie der vorne unter 1. angegebenen Bedingung entsprechen. Hätten wir es noch einmal zu thun, so würden wir versuchen, bequemere Pachytrope zu erhalten, vielleicht solche, bei denen die Schaltungen der Zellen vermittels Contaktkurbeln statt durch Stöpsel bewirkt werden.

Für die Praxis.

1. Die Beobachtung der intensiven Hitze des erst vor einigen Jahren erfundenen Brenners von Tēclu veranlafste mich seinerzeit zu einigen Versuchen mit dem gewöhnlichen Bunsenbrenner (vgl. A. Witting, d. Ztschr. *IX 288*), die das Prinzip des Tēclubrenners erklären. Schraubt man nämlich das Mischungsrohr eines Bunsenbrenners ab und hält es lotrecht über die Öffnung, aus der das Gas ausströmt, so erhält man bei Entzündung des Gases am oberen Ende des Mischungsrohres eine sehr heifse, nichtleuchtende Flamme, die um so heifser und rauschender wird, je höher man das Rohr innerhalb eines Abstandes von $^1/_2$ bis 2 cm von der Gasausströmungsöffnung hält. Entfernt man es über diesen Abstand hinaus, so schlägt die Flamme nach unten; setzt man es auf den unteren Teil des Brenners auf, so wird sie zur gewöhnlichen leuchtenden Gasflamme. Bei der günstigsten Stellung des Rohres ist die Hitze der Flamme so grofs, dafs ein in diese gehaltener Kupferdraht oder ein Kupferblechstreifen von 1 mm Dicke und 3 mm Breite nach wenigen Sekunden schmilzt und unter lebhaftem Umhersprühen des Metalles und intensiver Grünfärbung der Flamme verbrennt, während verzinkter Eisendraht die Flamme blau färbt. Ähnlich wie bei diesem auf so einfache Weise herzustellenden Brenner erfolgt auch beim Tēclubrenner die Luftzuführung am unteren Ende des Mischungsrohres von allen Seiten her, aufserdem ist dieses Rohr nach unten kegelförmig erweitert. Der Tēclubrenner ist dem gewöhnlichen Bunsenbrenner ganz bedeutend überlegen und eignet sich z. B. vorzüglich zur Erzeugung der Flammenspektra von Metallen. Für die gewöhnlichen Glasarbeiten in der Flamme (Biegen und Ausziehen von Röhren, Anblasen von Kugeln, Einschmelzen eines Platindrahtes u. s. w.) ist seine Hitze mehr als ausreichend. Da der Brenner meines Wissens noch viel zu wenig bekannt ist, so möchte ich ihn hiermit angelegentlich empfehlen.

2. Das Strahlungsvermögen der nichtleuchtenden Bunsenflamme (vgl. A. Witting, d. Ztschr. *IX 288*) verglichen mit dem der leuchtenden Flamme scheint in Abständen bis zu etwa 15 cm zu überwiegen. Darüber hinaus zeigen zunächst beide Flammen eine gleich grofse Wärmeausstrahlung, während erst bei gröfserem Abstande vom Radiometer (z. B. bei 20 und mehr cm Abstand) die Ausstrahlung der leuchtenden Flamme auffällig überwiegt. *A. Pabst, Cöthen i. Anh.*

Adhäsions-Versuche. Von Dr. P. Schafheitlin in Berlin. Im Unterricht werden häufig einige Versuche über die Adhäsion fester und flüssiger Körper, z. B. Glas-Wasser und Glas-Quecksilber derart gezeigt, dafs die an einem Arme der Wage befestigte Glasplatte im Gleichgewichtszustand der Wage die Oberfläche der Flüssigkeit berührt; erst nach Hinzufügen mehrerer Gewichtsstücke auf die andere Wageschale reifst die Platte von der Flüssigkeit ab.

Diesen Versuch modifiziere ich derart, dafs ich ein weites Glasgefäfs (circa 15 cm Durchmesser und 18 cm Höhe), welches dicht am Boden eine mit Hahn versehene Abflufsöffnung hat, mit Wasser fülle, die am Haken der hydrostatischen Wage aufgehängte und tarierte Glasplatte zur Berührung mit dem Wasser bringe und nun das Wasser aus dem Hahn ausfliefsen lasse. Das Drehen des Wagebalkens zeigt den Schülern das Vorhandensein einer Zugkraft zwischen Wasser und Glas.

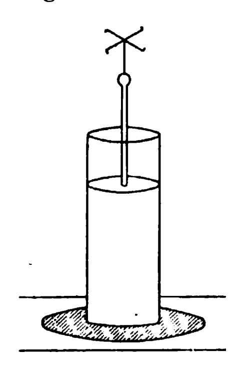
Um die Adhäsion des Quecksilbers an Glas zu zeigen, giefst man Quecksilber in eine geräumige, halbkugelige Glasschale (circa 13 cm Durchmesser) und läfst diese auf dem

soeben beschriebenen, mit Wasser gefüllten Gefäfs schwimmen, bringt die Glasplatte (circa 5 cm Durchmesser) zur Berührung mit dem Quecksilber und läfst wieder das Wasser abfliefsen.

Ich glaube, dafs diese kleine Abänderung für die Schüler nicht unwichtig ist. Das Drehen des Wagebalkens ist viel deutlicher zu erkennen als das Auflegen der Gewichte; zudem ist bei dieser Anordnung während des ganzen Versuchs Bewegung vorhanden, die bei der anderen Art nur im letzten Moment eintritt, und es wird dadurch die Aufmerksamkeit fortdauernd rege gehalten.

Ferner ist der Versuch dadurch leichter anzustellen, dafs beim Unterschieben des Wassergefäfses unter die Platte eine gröfsere Wassermenge, als die zur Berührung nötige, den Versuch nicht beeinträchtigt.

Ein Versuch mit der Leydener Flasche. Von **H. Pflaum** in Riga. Setzt man auf den Knopf einer kräftig geladenen Flasche ein sog. elektrisches Flugrad (Franklinsches Rad), so gerät dasselbe in lebhafte Drehung, welche indes nachläfst, sobald die freie Elektrizität aus der inneren Belegung ausgeströmt ist. Die Flasche selbst mufs hierbei isoliert aufgestellt sein, etwa auf eine Ebonitscheibe. Nähert man nun der äufseren Belegung den Finger oder verbindet sie irgendwie leitend mit dem Fufsboden, so gerät das Rädchen wiederum in Rotation, und diese hält nun so lange an, als noch eine Ladung in der Flasche vorhanden ist. — Der Versuch ist äufserst einfach, doch nimmt er sich gut aus und seit Jahren habe ich ihn meinen Schülern vorgeführt, um ihnen zu zeigen, dafs die freie Elektrizität der Leydener Flasche immer wechselweise auf der äufseren und inneren Belegung auftritt. Derselbe Versuch kann auch dazu dienen, die Verwandlung von potentieller Energie in aktuelle zu demonstrieren. — Im vollständig verdunkelten Zimmer tritt bei genügender Ladung der Flasche (die von mir benutzte hat 45 cm Beleghöhe) eine hübsche Lichterscheinung auf, bewirkt durch die rasch rotierenden Lichtbüschel, welche vom Flugrade ausgestrahlt werden.



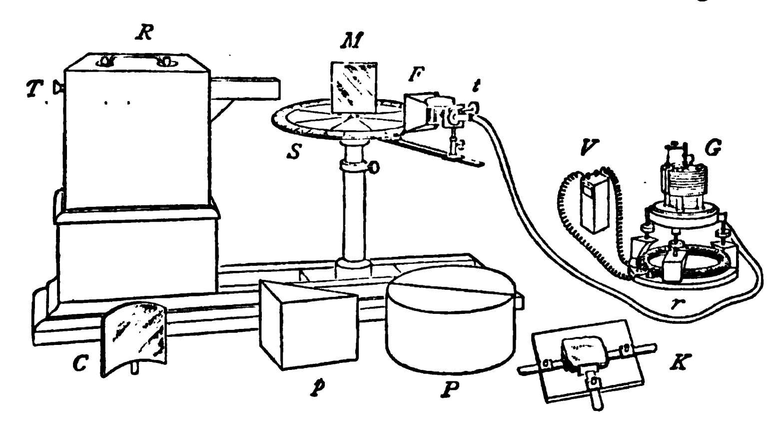
Zwar kann man sich leicht vor dem jedesmaligen Versuch eine Nadel mit Klebwachs auf dem Knopfe der Flasche befestigen, oder die Nadel in der oben am Knopfe befindlichen gebohrten Öffnung (die behufs Verbindung mehrerer Flaschen angebracht zu sein pflegt) festklemmen; bequemer dagegen ist es, sich ein Hütchen mit Spitze, das man dann blofs aufzusetzen braucht, vom Mechaniker anfertigen zu lassen. Hat das Hütchen die Form einer Halbkugel, die am Äquator etwas zusammengedrückt ist, so läfst es sich ganz fest auf die Flasche setzen.

Behandlung des Hartgummis als Isolierungsmaterial. Von **H. Kuhfahl** in Landsberg a. W. Das vorzügliche Isolierungsvermögen des Ebonits wird bei elektrostatischen Apparaten sehr durch die Feuchtigkeit beeinträchtigt, die sich auf seiner Oberfläche niederschlägt. Die Entfernung derselben durch Erwärmen ist eine sehr lästige und nicht immer genügende Operation, da in feuchter Luft sich bald wieder ein Niederschlag bildet. Elektrostatische Versuche gelingen nur in trockener Luft, das ist fast ein Dogma geworden. Man kann aber jenen Übelstand leicht und vollständig beseitigen, wenn man das Hartgummi nach der Bearbeitung auf einige Minuten in geschmolzenes Hartparaffin legt und nach dem Herausnehmen mit Fliefspapier leicht abtrocknet. Meine so angefertigten Elektroskope isolieren ausgezeichnet; sie werden aus dem ungeheizten Sammlungszimmer in die warme Klasse gebracht und ohne weiteres benutzt. Bei Regenwetter geladen an das offene Fenster gesetzt, zeigten sie nach einer Stunde noch mehr als den halben Ausschlag. Man kann sie anhauchen, ohne dafs die Ladung merklich verringert wird. Ich habe infolgedessen die meisten elektrostatischen Apparate, soweit es anging, in dieser Weise isoliert und mit dem erwarteten Erfolge. Die empfindlichsten Apparate: der Riefssche Influenzapparat, der Condensator, funktionieren ausgezeichnet. Bei dem letzteren müssen freilich die Platten erwärmt werden — den Lackanstrich durch Paraffin zu ersetzen, habe ich noch nicht versucht.

Berichte.

1. *Apparate und Versuche.*

Ein Apparat zum Studium elektrischer Wellen wird von dem Inder Jagadis Chunder Bose, Professor in Calcutta, im *Phil. Mag.* (*43*, *S. 55; 1897*) beschrieben. Zur Erzeugung der oscillierenden Entladung dient eine von Lodge angegebene Vorrichtung: zwei in kleine Kugeln von Platina endigende Elektroden mit einer gröfseren Platinkugel zwischen ihnen; die Funken entstehen zwischen der grofsen und den kleinen Kugeln. Die kleinen Kugeln sind verstellbar, so dafs die Funkenlänge leicht verändert werden kann. Man erhält kurze elektrische Wellen, wenn man die seitlichen Kugeln recht klein nimmt; die kürzeste Wellenlänge Boses betrug 6 mm. Von den Elektroden führen Drähte zu einem kleinen Element und eben solchem Rühmkorff [1]), bei dem man die Stromunterbrechung einfach durch einen Stromschlüssel mit der Hand ausführt. Eine einzige Entladung genügt nämlich vollkommen, um die Eigenschaften elektrischer Wellen festzustellen, und hat den Vorteil, dafs die Elektroden nicht so rasch eine rauhe Oberfläche erhalten, welche die Oscillationen verhindert und fortwährend neue Politur nötig macht. Der Condensator (ein paraffinierter Papierstreifen mit Stanniolbelegungen) wurde der Raumersparnis halber einfach um die sekundäre Rolle des Rühmkorff gewickelt und in geeigneter Weise mit dem Schlüssel verbunden. Um magnetische Störungen



auszuschliefsen, ist das Ganze in einen eisernen Kasten, dieser, um eine Zerstreuung der elektrischen Strahlung zu verhindern, wieder in einen kupfernen Kasten gestellt. Der Griff des Schlüssels *T* ragt aus einer seitlichen Öffnung dieses Kastens *R* hervor. Auf der Gegenseite befindet sich ein Seitenrohr, innerhalb dessen die Funkenstrecke erzeugt wird.

Als Empfänger dient eine besondere Form des von Lodge angegebenen „Coherers“: Stücke von stählernen Spiralfedern sind in einer engen Rinne von Ebonit mit einander in loser Berührung und können durch eine Schraube mehr oder weniger zusammengeprefst werden. Die Spiralen liegen zwischen zwei Messingstücken, von denen eine Drahtleitung zu einem Element *V* und Galvanometer *G* führt. Sobald eine elektrische Strahlung die Spiralfedern trifft, wird ihr Widerstand verringert, und die Nadel des Galvanometers giebt einen Ausschlag. Eine geringe Drehung an der Schraube bringt den Widerstand auf die alte Höhe, und die Nadel kehrt in die Nullstellung zurück. Mit Hülfe eines Rheostaten *r* oder durch ein kleines Element mit beweglichen Elektroden (beide im Nebenschlufs) kann der Strom des Empfängers verändert und der jedesmaligen Strahlung angepafst werden. Um die Wirkung diffuser Strahlen auszuschliefsen, sind alle Drähte mit Stanniol umhüllt, Element und Galvanometer in ein Metallgehäuse eingeschlossen. Der Empfänger ist vorne mit einem Trichter *F* versehen, dessen spaltförmige Öffnung durch zwei seitliche Schiebethüren verändert werden kann. Für Polarisationsversuche kann der Empfänger durch eine besondere Schraube *t* auch in eine zu der gewöhnlichen senkrechte Lage gebracht werden.

[1]) Rühmkorff, nicht Ruhmkorff, ist die richtige Schreibweise; vgl. diese Ztschr. *V 101.* — *Die Red.*

Strahlengeber wie Empfänger sind auf Ständern befestigt, die in einer optischen Bank gleiten. Um parallele Strahlen zu erzeugen, wird eine Cylinderlinse aus Schwefel oder Ebonit in das Rohr des Strahlengebers so weit hineingeschoben, dafs der die Oscillationen erzeugende Funken in der Brennlinie der Linse sich befindet. Zu Winkelmessungen dient ein Spektrometerteilkreis *S*, auf dessen Tischchen Spiegel, Prismen etc. placiert werden können. Die Anordnung ist im übrigen aus der Figur ersichtlich.

Mit dem beschriebenen Apparat lassen sich in äufserst bequemer Weise alle Versuche über Reflexion, Brechung, Absorption, Interferenz, Polarisation und Doppelbrechung elektrischer Wellen ausführen. Die Figur zeigt noch einige hierfür zu verwendende Gegenstände: die Spiegel *M* und *C*, das Prisma *p*, die Halbcylinder *P*, den Krystallhalter *K*. Den Brechungsexponenten bestimmte Bose aus dem Grenzwinkel der totalen Reflexion, der sich mit Hülfe der Halbcylinder *P* sehr genau ermitteln liefs. Er fand denselben bei der von ihm benutzten Wellenlänge für Schwefel = 1,73, für Pech = 1,48, für Steinkohlentheer = 1,32. Zu Polarisationsversuchen dienten Gitter aus feinem Kupferdraht, die wie Nicols in die Röhren des Erregers und Empfängers direkt eingesetzt werden konnten. Es zeigte sich aber, dafs auch vegetabilische Fasern (z. B. Jute), in paralleler Lage stark zusammengeprefst, einen ausgezeichneten Polarisator abgeben. Doppeltbrechende Krystalle liefsen so für elektrische Strahlen dieselben Erscheinungen beobachten wie für Lichtstrahlen. *Schk.*

Apparat zur Demonstration des Ferrarisschen Drehfeldes. Der einfache Apparat wurde auf dem Versuchsfeld des Charlottenburger Werkes der Firma Siemens & Halske hergestellt und von C. Michalke in der *Zeitschr. f. Instr. XVI 366, 1896* beschrieben. Durch ihn kann der Fundamentalversuch von Galileo Ferraris, ein Markstein in der Entwickelung der Elektrotechnik, veranschaulicht und gezeigt werden, dafs durch Übereinanderlagerung zweier pulsierender Magnetfelder, deren Phasen gegeneinander verschoben sind, ein Feld entsteht, dessen Pole stetig wandern. Fig. 1 ist das Diagramm des Zweiphasenstroms. Die beiden pulsierenden, in ihrer Phase um 90° verschobenen und aufeinander rechtwinkligen Felder sind der Gröfse und Richtung nach auf den beiden rechtwinkligen Koordinatenachsen aufgetragen, und zwar stellen die Strecken OA und OB die Stärken der beiden Felder in einem bestimmten Zeitpunkt dar. Die Diagonale OR giebt dann durch ihre Länge und Richtung die Stärke und Richtung des resultierenden Magnetfeldes. Sind die gröfsten Werte der beiden auf einander senkrechten Felder einander gleich und ändern sich die Felder sinusförmig, so dreht sich das Feld OR, dessen Stärke stets gleich grofs bleibt, mit gleichförmiger Geschwindigkeit um O; es entsteht ein unveränderliches Drehfeld.

Fig. 1.

Der Apparat, der in den Figuren 2, 3 und 4 schematisch durch einen Schnitt und zwei Ansichten dargestellt ist, giebt für das Zweiphasenstromsystem die Stärke der beiden Felder OA und OB und des resultierenden Feldes OR der Gröfse und Richtung nach für jeden Phasenzustand der Ströme an. In dem Holzgestell *W* befindet sich der Aluminiumrahmen *R*, der in a_1 und a_2 geführt und durch die um b_1 und b_2 drehbaren Hebel h_1 und h_2 mittels der Kurbel *K* derartig bewegt wird, dafs jeder seiner Punkte einen Kreis mit dem Radius $h_1 = h_2$ beschreibt. In dem kreisförmigen Ausschnitt sind zwei sich rechtwinklig schneidende, rot angestrichene Drähte D_1 und D_2 eingeschraubt, die in der Mitte des Ausschnitts das Führungsstück *C* tragen. In *C* wird eine um *O* drehbare Glasscheibe *G* (Fig. 3) geführt, auf der die Gerade OC schwarz aufgezeichnet ist. Auf der Achse in *C* ist ferner noch eine Aluminiumscheibe *A* befestigt (Fig. 2), die einen kreisförmigen Ausschnitt hat, dessen Durchmesser gleich dem Hebelarm $h_1 = h_2$ ist. Auf der weifsangestrichenen Rückwand des Gestells *W* sind noch eine wagrechte Gerade L_1 und eine lotrechte Gerade L_2, die sich in *O* schneiden, aufgezeichnet und von vorn durch die Glasscheibe *G* sichtbar. Vorn ist das Gestell bis auf einen kreisförmigen Ausschnitt vom Durchmesser $2 h_1$ verdeckt.

Dreht man die Kurbel K, so verschiebt sich das Drahtkreuz D_1/D_2 in dem Rahmen R parallel mit sich selbst, und durch die Führung in C werden die Glasscheibe G und die

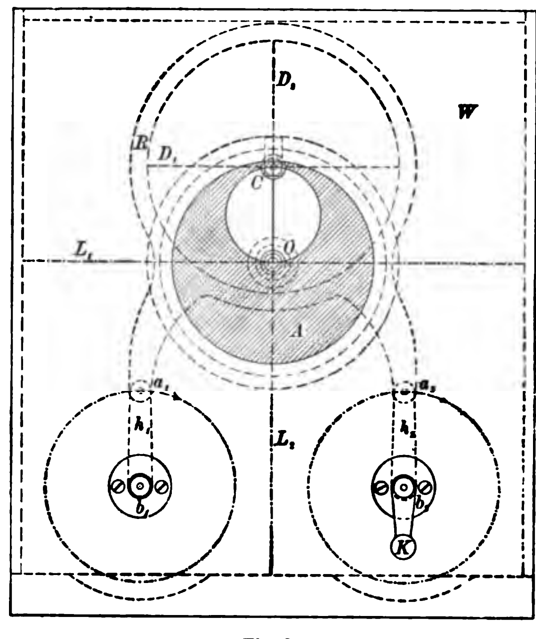


Fig. 2.



Fig. 3.

Aluminiumscheibe A um O gedreht. Durch den vorderen Ausschnitt des Gestells ist dann das Koordinatenkreuz L_1/L_2, auf dem eine wagrechte und eine lotrechte Komponente herausgeschnitten wird (Fig. 4), und die aus den beiden Komponenten gebildete Resultante OC sichtbar. Das Drahtkreuz D_1/D_2 liefert die Hülfslinien, die das Parallelogramm vervollständigen. Alle übrigen Linien sind durch die Aluminiumscheibe verdeckt. Betrachtet man nur die wagerechte oder nur die lotrechte Komponente, so kann man beobachten, wie diese sinusförmig von Null bis zum gröfsten Werte wächst, bis zu Null abnimmt, negativ wird u. s. w. Während die beiden Komponenten sich sinusförmig ändern, bleibt die Resultante stets gleich grofs, ändert aber bei gleichmäfsigem Kurbeln ihre Richtung mit gleichbleibender Winkelgeschwindigkeit.

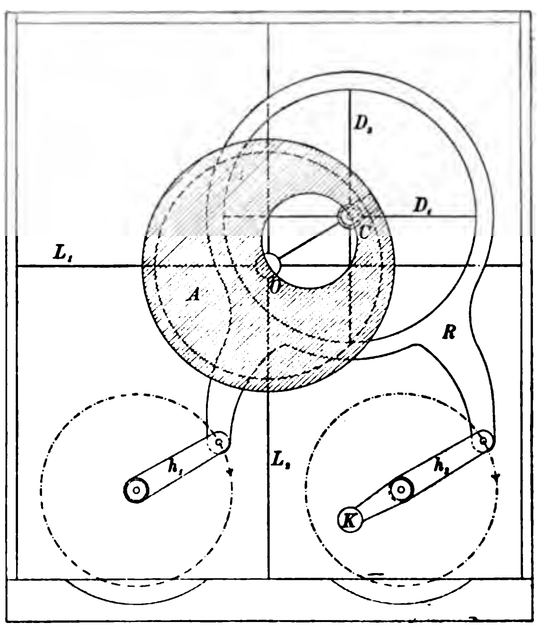


Fig. 4.

Der Apparat kann zur Projektion der Erscheinung eingerichtet werden, indem man die Rückwand aus starkem Spiegelglas herstellt, darauf die beiden Koordinatenachsen L_1/L_2 zeichnet und die Glaswand in O für die Lagerung der Glasscheibe G durchbohrt. *H.-M.*

---

2. Forschungen und Ergebnisse.

Über ein neues photographisches Photometrierverfahren und seine Anwendung auf die Photometrie des ultravioletten Spektralgebietes berichtet H. Th. Simon in *Wied. Ann.* (*59*, *91*,

1896). Die meisten Photometer beruhen auf dem Prinzip, dafs von den zu vergleichenden Lichtquellen zwei aneinander grenzende Flächen beleuchtet werden und die stärkere Lichtquelle dann so abgeschwächt wird, dafs beide Flächen gleich hell erscheinen; der Grad der Abschwächung mifst dann die Intensität der stärkeren Lichtquelle in Einheiten der anderen. Die Genauigkeit dieser Methode ist begrenzt durch die Fähigkeit des Auges, den Helligkeitsunterschied zweier Flächen noch zu erkennen; namentlich nach dem brechbareren Teile des Spektrums hin ist diese Fähigkeit aber sehr gering. Statt vom Auge direkt bestimmen zu lassen, wann die beiden Felder des Photometers gleich hell sind, läfst Simon die den einzelnen Phasen des Einstellungsvorganges entsprechenden Helligkeiten jener Felder photographisch registrieren; das Auge hat dann nur nötig, nachträglich die Gleichheit der photographischen Wirkungen auf der Platte zu ermitteln.

Zur photographischen Registrierung diente ein grofser Spektralapparat, bei dem das Prisma aus Quarz, die Objektive Quarz-Flufsspath-Achromate von 32 cm Brennweite waren. Das Okular war durch eine photographische Einrichtung ersetzt, bei der die Kassette mit einer Schraube innerhalb einer horizontalen Schlittenführung leicht hin und her bewegt werden konnte. Durch einen symmetrisch verstellbaren Okularspalt wird aus dem Spektrum ein bestimmter Teil herausgeblendet und auf die photographische Platte geworfen. Die photometrische Vorrichtung besteht aus zwei conzentrisch auf einer Achse befestigten Scheiben, deren jede drei sektorenförmige Ausschnitte von je 60° besitzt, und die durch einen Elektromotor um jene Achse in Rotation versetzt werden können. Ferner läfst sich durch eine mit einer besonderen mechanischen Vorrichtung versehene Schraube eine fortwährende Drehung der zweiten Scheibe gegen die erste bewirken, wodurch die Breite der gesamten freien Sektorenausschnitte von 0° bis 180° stetig geändert wird. Der äufsere Rand dieser rotierenden Scheiben befindet sich vor der unteren Hälfte des Collimatorspalts; das die Sektoren passierende Licht wird daher verschieden abgeschwächt, während die durch die obere Hälfte des Spalts gehenden Strahlen ungeändert bleiben. Ist μ das Winkelverhältnis der ausgeschnittenen Sektoren zum ganzen Umfange, so gelangt von dem einfallenden Licht der Intensität I_0 nach dem Gang durch die rotierende Scheibe nur die Lichtmenge $I = \mu I_0$ weiter.

Die oben erwähnte Schraube, welche die Stellung der beiden Scheiben gegen einander reguliert, ist durch Zahnräder mit der anderen Schraube verbunden, welche die Verschiebung der Kassette vor dem Okularspalte bewirkt. Dadurch wird erreicht, dafs jeder Stellung der photographischen Platte vor dem Okularspalt eine bestimmte Breite der Ausschnitte an der Sektorenscheibe, d. h. eine bestimmte Intensität des diese Ausschnitte passierenden Lichtes entspricht. Sobald die Scheibe alle Stellungen der Sektoren von 0° bis 180° oder umgekehrt durchlaufen hat, wird der Strom des Elektromotors automatisch geöffnet. Auf der photographischen Platte entstehen während dieser Zeit übereinander zwei Streifen: der obere gleichmäfsig, der untere verschieden stark geschwärzt. Es kommt nun darauf an, die Stelle gleicher Schwärzung mit möglichster Genauigkeit zu ermitteln. Da es nicht möglich ist, die beiden Hälften des Collimatorspalts mit dem Lichte der zu vergleichenden Lichtquellen so zu beleuchten, dafs nicht eine Trennungslinie zwischen beiden geschwärzten Streifen bestehen bleibt, diese aber der Bestimmung gleicher Helligkeit hinderlich ist, so wurde durch Carl Zeifs in Jena ein besonderes Instrument construiert, welches zwei entsprechende Stellen der Streifen herausgreift und von denselben dicht neben einander liegende Bilder liefert. Mit Hilfe dieses Comparators liefs sich die Gleichheitsstelle mit grofser Genauigkeit bestimmen.

Um die Wellenlänge der im Ultraviolett liegenden Strahlen festzustellen, wurde eine von Elektroden der Eder'schen *Pb-Cd-Zn*-Legierung (*Denkschr. d. Kais. Akad. d. Wiss. z. Wien 60, 1892/93*) gebildete Funkenstrecke, welche zahlreiche Linien im ultravioletten Teile des Spektrums liefert, deren Wellenlängen von Eder genau bestimmt sind, benutzt, und die Stellung des Fernrohres in dem Spektralapparat mit Hilfe jener Linien auf bestimmte Wellenlängen geaicht. Die Breite des Okularspaltes wurde nach der Gröfse der zu messen-

den Lichtintensitäten gewählt, konnte aber in den meisten Fällen sehr eng sein, sodafs die Methode auch da gut anwendbar ist, wo die Intensität im Spektrum sich mit der Wellenlänge rasch ändert.

Bei Beginn einer photometrischen Messung wird zunächst die Anfangsöffnung r_1 der Sektorenscheibe abgelesen und dann — nach Einschiebung der photographischen Platte und Beleuchtung des Collimatorspalts mit dem Lichte der zu vergleichenden Lichtquellen — der Apparat in Gang gesetzt. Wenn alle Sektorenstellungen von 0° bis 180° oder umgekehrt durchlaufen sind, kommt er selbstthätig zur Ruhe, und es wird nun, nach Unterbrechung der Beleuchtung, die jetzt einstehende Öffnung r_2 der Sektorenscheibe abgelesen. Ist a die ganze Strecke, um welche sich die photographische Platte in dieser Zeit verschoben hat (d. h. die Länge der geschwärzten Streifen), y der Abstand der Gleichheitsstelle von dem Anfang der Schwärzung, so findet man den dieser Helligkeitsgleichheit entsprechenden Sektorenwinkel r_y (um den also die Öffnung jedes der drei Sektoren gegen die anfängliche r_1 derselben verändert war) aus der Proportion $r_y : y = (r_2 - r_1) : a$. Der Schwächungscoëffizient μ ist dann für den Moment der Helligkeitsgleichheit $\mu = \frac{3}{360}(r_1 + r_y)$. Um so viel mufste die Intensität der stärkeren Lichtquelle I_x geschwächt werden, um derjenigen der Vergleichungslichtquelle I gleich zu werden, d. h. es ist $I_x = \mu \cdot I$.

Auch der Absorptionscoëffizient ist mit Hilfe dieser Methode leicht bestimmbar. Zu diesem Zwecke wird der Collimatorspalt nur mit dem durch eine Quarzlinse parallel gemachten Lichte einer einzigen Lichtquelle beleuchtet und ein Quarztrog mit der absorbierenden Lösung dicht vor dem Collimatorspalt in den Strahlengang eingeschaltet. Ist I_0 die ursprüngliche Intensität des auf den Quarztrog fallenden Lichtes, so findet man in der vorhin beschriebenen Weise den Bruchteil μ von I_0, der nach dem Durchgang durch eine Lösung von der Schichtdicke d übrig bleibt. Der Absorptionscoëffizient α ergiebt sich dann aus der Gleichung $\frac{I}{I_0} = \mu = e^{-\alpha d}$. — Da mit Hilfe des beschriebenen Scheibenapparats die Lichtschwächung nur auf einen zwischen $^1/_2$ und 0 liegenden Betrag bewirkt werden kann, so mufs Schichtdicke und Conzentration der absorbierenden Schicht so gewählt werden, dafs die ursprüngliche Intensität I_0 auf ihrem Wege durch die Lösung mindestens um die Hälfte geschwächt wird. Simon bestimmte mit dieser Methode das ultraviolette Absorptionsspektrum einer wässerigen Kaliumnitratlösung.

Da die Öffnung jeder der drei Sektoren auf $^1/_{10}{}^0$ genau abgelesen wurde, so betrug die Fehlergrenze bei der Bestimmung von μ nur 0,3/360 = 1/1200. Mit dem Helligkeitscomparator konnte ein Schwärzungsunterschied von 0,76 Proc. wahrgenommen werden. Durch Wahl der für eine Messung günstigsten Versuchsbedingungen kann man eine noch höhere Genauigkeit erzielen. Der Vorteil des von Simon beschriebenen photometrischen Verfahrens besteht darin, dafs es für alle chemisch wirksamen Strahlen angewandt werden kann und ferner, dafs die Ausmessung der Helligkeitsgleichheit später von jedem zu controlieren ist, mithin von subjektiven Fehlern frei bleibt. *Schk.*

Kathodenstrahlen. — Eine elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen wird von G. Jaumann (*Wied. Ann. 59, 252; 1896*) nachgewiesen. Derselbe hatte bereits früher (*Wied. Ann. 57, 147; 1896*) aus theoretischen Betrachtungen den Satz abgeleitet: „Bei Abwesenheit einer ablenkenden magnetischen Kraft folgt der axiale Teil der Kathodenstrahlen annähernd den elektrostatischen Kraftlinien des Feldes und zwar in der Richtung von der Kathode zur Glaswand (nur zum Teil in der Richtung zur Anode)." Die Glaswand, auf welche die Kathodenstrahlen fallen, ist kräftig positiv geladen. Die Kathodenstrahlen sind dabei immer möglichst gestreckt, gleichgiltig, welche Form die Glaswand hat und wie die Anode steht. Dieses Streben der Kathodenstrahlen sich zu strecken ist ein so grofses, dafs eine elektrostatische Ablenkung durch einen genäherten elektrisierten Körper unter gewöhnlichen Umständen nicht gelingt. Das Streckungsstreben ist aber nur durch die Ladung der Glaswand bedingt und wird um so schwächer sein, je schwächer die Strahlen sind. Um

also eine elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen zu erzielen, arbeitet JAUMANN mit äusserst schwachen Strahlen. Er benutzte eine birnförmige Vacuumröhre, in deren schmalem Ende die in einer schwach conkaven Platte endigende Kathode eingeschmolzen war; die Anode befand sich seitlich aufserhalb der Röhre. Beide waren in einen gröfseren Glasbecher mit Öl eingetaucht; doch gelangen die Versuche in trockener Luft ebenfalls. Die Ladung erfolgte durch eine Holtzsche Maschine, in deren Stromkreis noch eine kleine Funkenstrecke und eine Leydener Flasche — beide im Nebenschlufs — eingeschaltet waren. Ein schwacher Strom ging dann durch das schlecht leitende Öl von der Anode zur Kathode; ein anderer nahm den Weg durch die Vacuumröhre. Letzterer mufs so schwach genommen werden, dafs der Fluorescenzfleck auf der Glaswand eben noch gesehen werden kann. Dieser besteht aus zwei Teilen: dem Hauptfleck in der Mitte und der Ringfigur. Beide sind magnetisch in fast gleichem Grade ablenkbar, verhalten sich aber in Bezug auf die elektrostatische Ablenkung ganz verschieden: die Ringfigur wird kaum merklich abgelenkt, wohl aber der Hauptfleck. Wird die Anode in einer gewissen Höhe festgestellt, so fällt die Mitte des Hauptflecks mit der Mitte der Ringfigur zusammen. Bei der geringsten Hebung der Anode wird sie dann dauernd angezogen, bis sie in den Ring selbst hineinfällt; bei der geringsten Senkung der Anode wird sie abgestofsen, aber wieder nicht weiter als bis in den hellen Ring. Gewöhnlich wurde die Anode so eingestellt, dafs der Fluorescenzfleck in die Ringmitte fiel. In dieser Stellung sind die Strahlen des Flecks sehr empfindlich für elektrostatische Kräfte. Ein geriebener Glasstab vermochte die Strahlen ganz auf die Seitenwand der Vacuumröhre abzubiegen. Schon das Winken mit dem Finger hatte ähnlichen Erfolg; haucht man gegen den Ölbecher, so werden die Strahlen scheinbar weggeblasen. Jene ablenkende Wirkung des Glasstabes ist aber nur eine vorübergehende. Senkt man den Glasstab rasch bis zur Höhe der Kathode, so wird der Fluorescenzfleck zunächst stark abgestofsen, kehrt aber nach 0,2 Sek. um und nimmt nach einigen Oscillationen wieder seine alte Lage im Ringmittelpunkte ein. Hebt man nun den Glasstab wieder, so wird der Kathodenstrahl ebenso stark angezogen wie vorher abgestofsen, kehrt aber auch nach 0,2 Sek. wieder zurück. In ähnlicher Weise verlaufen alle durch elektrostatische Kräfte erzeugten Ablenkungen. Ein Hartgummistab wirkt genau umgekehrt wie ein Glasstab. Bewegte, nicht geladene, zur Erde abgeleitete Leiter wirken wie positive Körper, wenn die Anode, wie negative, wenn die Kathode zur Erde abgeleitet ist. Bringt man die Entladungsröhre zwischen zwei grofse planparallele Condensatorplatten von 6000 Volt Potentialdifferenz, so wird der Strahl für eine kurze Zeit von der negativen Platte angezogen und streckt sich sofort wieder. Entladet man die Condensatorplatten, so wird der Strahl ebenso stark von der positiven Platte angezogen und streckt sich dann wieder. Mit der Anziehung ist aufserdem eine starke Aufhellung, mit der Abstofsung eine Verdunklung des Fluorescenzflecks verbunden. Eine abgeleitete Schutzplatte hält wohl die Ablenkung, nicht aber die Intensitätsänderung ab. JAUMANN erklärt das Vorübergehende der Ablenkung damit, dafs die Strahlen selbst eine Ladung der Glaswand hervorrufen und dadurch die Kraftlinien innerhalb der Röhre und damit sich selbst strecken.

Den eben beschriebenen Erscheinungen geben E. WIEDEMANN und G. C. SCHMIDT (*Wied. Ann. 60*, *514*; *1897*) eine andere Erklärung als JAUMANN. Dieselben fanden bei einer ähnlichen Versuchsanordnung, dafs nicht die Kathodenstrahlen selbst elektrostatisch abgelenkt werden, sondern dafs nur ihre Ansatzstelle verschoben wird. Die Ursache hiervon liege nicht in einer elektrostatischen Wirkung auf die Kathodenstrahlen, sondern in einer Veränderung des Feldes. Dafs der centrale Fleck nicht über die Ringfigur hinausgedrängt wird, erkläre sich daraus, dafs die Ansatzstelle höchstens bis zum Rand der Kathode wandern kann, da die Ringfigur — wie sich leicht feststellen läfst — von den vom Rand der Kathode ausgehenden Strahlen herrührt. WIEDEMANN und SCHMIDT sind daher der Meinung, dafs die Ablenkung der Kathodenstrahlen nur eine sekundäre Erscheinung, die Änderung des Feldes das Primäre sei; „diese bedingt entweder eine veränderte Lage der Eintrittsstelle des Stromes in die Kathode und damit eine Veränderung der Ansatzstelle des

Kathodenstrahlen oder eine Ausbildung von sekundären Kathoden, die deflektorisch auf die bereits vorhandenen Kathodenstrahlen wirken."

Dafs ein Magnetfeld auf die Kathodenstrahlen auch dann eine Wirkung ausübt, wenn die Kraftlinien den Strahlen parallel laufen, beobachtete SWINTON (*Proceed. of the Royal Soc. LX, 179; 1896*). Er stellte eine birnförmige Crookessche Röhre mit der breiten Seite senkrecht über den Pol eines starken Elektromagneten, sodafs die Kraftlinien parallel der Röhrenachse austraten. An dem schmalen Ende der Röhre befand sich eine Aluminiumplatte als Kathode, in einem seitlichen Ansatzrohr die Anode. War der Magnet nicht erregt, so zeigten die Wände der Röhren, sobald der Strom eines Rühmkorff von 10 Zoll Funkenlänge hindurchging, überall grünes Fluorescenzlicht, das der Kathode gegenüber besonders hell war; etwas blaue Luminescenz war gerade unterhalb der Kathode, sowie in der Nähe der Anode. Wurde der Magnetpol erregt, so verschwand das Fluorescenzlicht des Glases ganz bis auf eine sehr kleine Stelle an der Spitze der Röhre nahe der Kathode und einen sehr hellen Fleck an ihrem Boden unmittelbar über dem Magnetpol; dafür breitete sich von der Kathode bis zu diesem Fleck ein heller Kegel blauen Lichtes mit einem noch helleren weifsblauen Kern aus. Die Kathode bildete die Basis, der Fluorescenzfleck die Spitze des Kegels. Wurde die Röhre etwas zur Seite bewegt, so bewegte sich der Kegel mit, sodafs sich seine Spitze stets über der Mitte des Magnetpols befand. Zugleich wurde das schwache blaue Licht der Anode zu dem Magneten herabgebogen und, je nach der Polarität des letzteren, seitwärts nach der einen oder andern Richtung abgelenkt; auf den vertikalen Lichtkegel der Kathode hatte dagegen die Polarität keinen Einflufs. Ferner zeigte sich der innere Widerstand der Röhre bedeutend verringert, solange der Magnet erregt war. Hörte diese Erregung auf, so erschien sofort wieder das gewöhnliche Fluorescenzlicht und der Widerstand stieg zu seiner ursprünglichen Höhe. Stellte man die Röhre umgekehrt mit ihrer schmalen Seite über den Magnetpol, so zeigte sich sehr helles blaues Licht auf der untern Seite der Kathode nahe dem Magneten, etwas weniger helles Fluorescenzlicht an der Anode und eine schwache blaue Luminescenz innerhalb der übrigen Röhre. Auch diese Erscheinung war unabhängig von der Polarität des Magneten, der innere Widerstand war ebenso verringert. Stellte man die Röhre horizontal über den Pol, sodass die Kraftlinien die Kathodenstrahlen schnitten, so zeigte sich die gewöhnliche Ablenkung der letzteren, aber keine merkliche Verringerung des Widerstandes.

Eine eigentümliche Einwirkung der Kathodenstrahlen auf einige Salze war schon 1895 von E. GOLDSTEIN (*Wied. Ann. 54, 371*) gezeigt worden. So wird Chlornatrium unter dem Einflufs jener Strahlen zuerst gelb, in der Nähe der Kathode braungelb gefärbt; conzentriert man die Strahlen durch den Magneten auf dieselbe Stelle der Salzmasse, so geht die braungelbe Farbe in Dunkelblau über, das aber nicht beständig ist. Eine Blaufärbung des schon braungelben Salzes wird auch durch mäfsiges Erhitzen in der Bunsenflamme hervorgerufen; stärkere Erhitzung macht es aber wieder weifs. Ähnliche Farben unter der Einwirkung der Kathodenstrahlen zeigen auch die andern Alkalisalze. Die Farben erhalten sich an der Luft mehrere Stunden, verschwinden aber sofort bei der Berührung mit Wasser. Im luftleeren Raum wird Chlornatrium nach einigen Tagen grau, behält aber die Fähigkeit der blauen Nachfärbung. Alle angeführten Salze phosphorescieren unter dem Einflusse der Kathodenstrahlen; sobald aber die Färbung fortschreitet, verblafst das Phosphorescenzlicht mehr und mehr. In einer neueren Arbeit (*Wied. Ann. 60, 491; 1897*) untersucht GOLDSTEIN den Einflufs des Lichts und der Wärme auf die durch Kathodenstrahlen gefärbten Salze. Er findet, dafs gepulvertes Chlornatrium in der vorhin erwähnten gelben Färbung schon nach wenigen Minuten der Einwirkung diffusen Tageslichts deutlich heller wird. Hierbei sind die Strahlen des sichtbaren Spektrums wirksam, nicht die ultraroten oder ultravioletten Strahlen, wie GOLDSTEIN durch besondere Versuche nachweist. Noch stärker lichtempfindlich zeigten sich Chlorkalium, Bromkalium, Jodkalium. Unter photographischen Diapositiven erhielt GOLDSTEIN gut erkennbare Abbildungen, wenn auch ohne feinere Details; ebenso wurden Schablonenmuster gut wiedergegeben. Bei vollständigem Lichtabschlufs zeigte ge-

färbtes Chlornatrium innerhalb mehrerer Monate keine merkliche Farbenänderung; dagegen verloren Chlorkalium, Bromkalium und Jodkalium auch im Finstern nach einiger Zeit ihre Färbung und wurden völlig weiſs. Bei erhöhter Temperatur wird die Wirkung des Lichtes auf die gefärbten Salze beschleunigt; Erwärmung bringt aber auch bei völligem Lichtabschluſs Änderungen der Farben hervor. Umgekehrt wurde die Farbenänderung bei niederer Temperatur als der gewöhnlichen verzögert.

Nach E. Wiedemann und G. C. Schmidt (*Wied. Ann. 54, 622; 1895*) entstehen die gefärbten Substanzen aus den farblosen Salzen dadurch, daſs unter dem Einfluſs der Kathodenstrahlen gewisse Mengen des Halogens entweichen und Oberflächenschichten der Subchloride bezw. Subbromide gebildet werden. Goldstein erklärt sich aber gegen diese, von ihm auch zuerst angeführte Annahme.

Eine Wiederholung der Goldsteinschen Versuche führten Elster und Geitel (*Wied. Ann. 59, 487; 1896*) zu der Entdeckung, daſs jene unter dem Einfluſs der Kathodenstrahlen gefärbten Substanzen die Fähigkeit besitzen, bei Belichtung negative Elektrizität in das umgebende Gas übergehen zu lassen. Das Salz befindet sich bei diesen Versuchen in gekörntem oder geschmolzenem Zustande innerhalb der Vacuumröhre in einem Schälchen aus Platin oder Aluminiumblech gerade der Kathode gegenüber; von dem Schälchen führt ein eingeschmolzener Draht nach auſsen. Zunächst wird durch Durchleiten des Stromes durch die Röhre die dem Salze eigentümliche Färbung hervorgebracht. Verbindet man dann jenen Draht mit einem Elektroskop und dem negativen Pol einer Trockensäule, deren positiver Pol ebenso wie die Kathode zur Erde abgeleitet ist, und läſst das Schälchen von einem Strahl Sonnen- oder Tageslichtes getroffen werden, so zeigt das Zusammenfallen der Elektroskopblättchen die Zerstreuung der negativen Elektrizität von dem Schälchen zur Kathode an. Sehr stark ist diese Wirkung beim Chlorcäsium, obgleich die Färbung des Salzes nur gering ist; es genügt hier schon das Licht einer Gasflamme oder durch rotes Glas geschicktes Sonnenlicht, um die Zerstreuung der Elektrizität einzuleiten. Läſst die Empfindlichkeit der Salzschicht nach, so kann man sie durch erneute Durchleitung der Kathodenstrahlen wieder herstellen. Bei starker Erhitzung des Salzes durch diese bildet sich an der Glaswand der Röhre ein metallisch glänzender Beflug; freie Alkalimetalle waren in demselben nicht nachzuweisen, so daſs die Annahme, daſs etwa durch Gegenwart solcher Metalle die lichtelektrischen Eigenschaften der Salze hervorgerufen werden, nicht festzuhalten ist. Auch in freier Luft erhält sich die lichtelektrische Empfindlichkeit tagelang. Elster und Geitel setzten verschiedene Salze in elektrodenlosen Röhren den Entladungen eines Teslatransformators aus und fanden, daſs dieselben in freier Luft unvermögend waren, belichtet eine negative Ladung dauernd zu halten, während eine positive Ladung keinen Verlust erlitt. Auch hier zeigte sich Chlorcäsium als besonders empfindlich, da schon ein nur 1 Sekunde herauffallender Sonnenstrahl genügte, um die Skala des Elektrometers aus dem Gesichtsfelde zu werfen. Die eben erwähnten verschiedenen Färbungen des Chlornatriums waren beide lichtelektrisch wirksam; war es dagegen wieder weiſs geworden, so verschwand auch die lichtelektrische Empfindlichkeit. Hygroskopische Salze wurden in getrockneter Luft untersucht; unter ihnen zeigte sich Chlorlithium lebhaft gefärbt und sehr empfindlich, Chlorcalcium beides in nur geringem Grade. Fluſsspath ist in der blauen Modifikation lichtelektrisch sehr empfindlich; es zeigte sich, daſs farbloser Fluſsspath, der unter dem Einflusse der Kathodenstrahlen bläulich violette Färbung annimmt, dadurch ebenfalls die lichtelektrische Empfindlichkeit erhält und zwar im höheren Grade als die natürlichen Varietäten. Beim Erhitzen verliert sich bei beiden Färbung und Empfindlichkeit. Calciumcarbonat und Glaspulver erhielten durch die Kathodenstrahlen auch beide Eigenschaften, nicht dagegen Marmor und Zinkoxyd. Nach Wiedemann und Schmidt erhalten Chlorkalium und Chlornatrium auch durch Elektrolyse der geschmolzenen Salze eine blaue Färbung; es zeigte sich, daſs die so hergestellte gefärbte Substanz ebenfalls das lichtelektrische Zerstreuungsvermögen besitzt. Das Steinsalz kommt gelegentlich auch in blaugefärbten Krystallen vor, die ebenfalls — grob zerkleinert — im Sonnenlicht elektrisch wirksam waren. Elster und Geitel

halten es mit Wiedemann und Schmidt für wahrscheinlich, dafs die Kathodenstrahlen auf die Salze eine reduzierende Wirkung ausüben und dafs die hierbei auftretenden Produkte mit der unzersetzten Substanz eine farbige, lichtelektrisch wirksame feste Lösung bilden. *Schk.*

Elektrisches Kapillarlicht. Von O. Schott (*Wied. Ann. 59, 768; 1896*). Eine 60 mm lange Kapillarröhre von 0,05 bis 0,08 mm innerem Durchmesser läuft an ihren Enden in weitere Röhren aus; in diese werden Drähte gesteckt, und die Entladung eines Induktoriums von 25 cm Funkenlänge durch die Kapillare geschickt, die dann in aufserordentlich hellem Lichte erglänzt. Nach einiger Zeit erwärmt sie sich, die Helligkeit läfst nach, und der elektrische Ausgleich erfolgt durch die leitend werdende Glaswand. Die Erscheinung hält länger (über $^1/_2$ Stunde) an, wenn man die Kapillare in eine weitere mit Wasser gefüllte Glasröhre bringt. Das Kapillarlicht zeigte ein continuierliches Spektrum mit helleren Linien; wurde die Kapillare evakuiert, so verschwand jenes immer mehr, und nur einzelne Linien traten deutlicher hervor. Das bei gewöhnlichem Druck weifse Licht ging bei starker Verdünnung der Luft durch Rotviolett in Blau über. — Eine Projektion der Lichtlinie auf einen Schirm zeigte, dafs sie nicht continuierlich war, sondern dunkle Unterbrechungen enthielt, die sich auch durch schwarze Längslinien im Spektrum bemerkbar machten. Nach einiger Zeit wurde die Innenwand der Röhre rauh und zeigte perlschnurartige Hohlräume.

Kapillaren von 0,2 mm lichter Weite gaben ein weniger helles Licht, solche von 0,02 mm dagegen ein intensiveres. Die photometrische Messung ergab bei diesen eine Lichtstärke von 2 Hefnerflammen, die bald auf 1,5 herabging. Nimmt man an, dafs die Funkenentladung durch die Kapillare nicht länger als $^1/_{10000}$ Sekunde dauert, so würde die lichtausstrahlende Fläche von 1 bis 2 qmm, wenn sie continuierlich wirkte, so viel Licht wie 1 bis 2000 Hefnerflammen ausstrahlen. Da elektrisches Bogenlicht eine sehr viel gröfsere Ausstrahlungsfläche besitzt, so hätte man hier eine Lichtquelle, deren spezifische Helligkeit die des elektrischen Bogenlichtes weit übertrifft. *Schk.*

Rotationen im constanten elektrischen Felde. Von G. Quincke. (*Wied. Ann. 59, 417; 1896.*) Stäbchen, Platten, Kugeln, Cylinder aus isolierender Substanz, an dünnen Seidenfäden in ein constantes elektrisches Feld gebracht, geraten in schwingende Bewegungen, sobald die das Feld erzeugenden Condensatorplatten sich in einer isolierenden Flüssigkeit befinden. Quincke benutzt bei den meisten Versuchen eine kleine Flasche, durch deren Seitenwände die Zuleitungsdrähte der Condensatorplatten hindurchgehen; letztere befinden sich in der Flasche, die mit der isolierenden Flüssigkeit gefüllt wird. Die Drähte waren entweder mit den durch eine Holtzsche Maschine geladenen Belegungen einer Leydener Batterie oder mit den Polen einer Akkumulatorenbatterie von 1200 Plantéelementen verbunden. Ein kleiner, an einem Coconfaden hängender Quarzkrystall mit horizontaler Achse stellte sich in Äther bei geringer Potentialdifferenz parallel den Kraftlinien, bei steigender Potentialdifferenz machte er immer gröfser werdende Schwingungen um die Ruhelage, bis zu halben Umdrehungen nach jeder Seite. Bei einigermafsen constant bleibendem Felde dauerten diese Drehungen stundenlang fort. Ähnliche Rotationen zeigten Platten und Kugeln von Kalkspath, Topas, Glimmer, Turmalin, Schwefel, Glas, desgleichen Stäbchen von Schellack und Glas. Eine Kugel oder runde Platte aus Arragonit rotierte in Äther 12 Stunden lang mit fast unveränderter Geschwindigkeit. In andern Flüssigkeiten: Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl, Benzol, Steinöl, Rapsöl zeigten sich dieselben Erscheinungen; dagegen wurde in Luft nie eine Rotation beobachtet. Hohlkugeln, sowie hohle und massive Cylinder aus Glas rotierten ebenfalls; unter gewissen Umständen auch Metallcylinder. Bei sehr grofsen elektrischen Kräften fanden auch Rotationen um eine parallel den elektrischen Kraftlinien liegende Achse statt. Eine Bestimmung der Flächen gleichen elektrischen Potentials ergab während der Rotationen eine Verschiebung der Kraftlinien des Feldes. Liefs man zwei Kugeln in demselben Felde rotieren, so zogen sie sich bei entgegengesetzter Rotation an, wenn die Centrale den Kraftlinien parallel war; sie stiefsen sich ab, wenn Centrale und Kraftlinien normal zu einander standen. Bei gleichgerichteter Rotation fand im allgemeinen das Umgekehrte statt. Zu den elektrischen Kräften treten hier allerdings noch die hydrodynamischen

Kräfte der rotierenden Flüssigkeit hinzu, die ebenfalls scheinbare Anziehungen und Abstofsungen hervorrufen. Luftblasen in der isolierenden Flüssigkeit zeigen Formänderungen und scheinen ebenfalls Rotationen ihrer Oberfläche zu erleiden.

Viele Kugeln verloren nach einiger Zeit die Fähigkeit zu rotieren, erhielten sie aber wieder, sobald sie sich einige Zeit in Luft befanden. Quincke schliefst daraus, dafs eine dünne, an der Oberfläche der Kugel condensierte Luftschicht die Ursache der Rotation sei. Diese Luftschicht werde durch Einwirkung der elektrischen Kräfte an den den Condensatorplatten zugekehrten Seiten der Kugel dicker, senkrecht dazu dünner werden, während die Flüssigkeit selbst in umgekehrter Richtung sich bewege. Eine geringe Drehung der Kugel nach einer Richtung reifse die dickere Luftschicht mit sich, die vermöge der elektrischen Kräfte wieder der alten Stelle zustrebt, während die Flüssigkeit und die feste Substanz der Kugel in umgekehrter Richtung von jener Stelle fortgetrieben wird.

Gegen diese Erklärung Quinckes wendet sich Boltzmann in *Wied. Ann. 60, 399; 1897.* Die dielektrische Polarisation allein könne keine Energiequelle bilden; man müsse zur Erklärung jedenfalls den Ausgleich der Elektrizitäten zwischen den Condensatorplatten, sei es durch schwache Leitung oder durch Convektion in der Flüssigkeit mit berücksichtigen.

Denselben Einwand erhebt Heydweiller (*Verh. d. phys. Ges. z. Berlin, Jahrg. 16, S. 32*). Er findet die Erklärung in der Umkehrung eines schon von Hertz (*Wied. Ann. 13, 266*) behandelten Problems, wenn man die Flüssigkeiten nicht als Isolatoren, sondern als schlechte Leiter auffafst. Rotiert ein fast vollkommener Nichtleiter, wie der Quarzcylinder in einer schwach leitenden Flüssigkeit wie Äther, so treten an der Oberfläche des Cylinders elektrische Ladungen auf, positive an Stellen höhern, negative an Stellen niedern Potentials. „Durch die Rotation des Cylinders und der anliegenden Leiterschichten werden auch diese Belegungen im Sinne der Drehung verschoben und ergeben ein Drehungsmoment der elektrischen Kräfte, welches jetzt die Drehung unterhält, und zwar auf Kosten der elektrischen Energie, welche in dem sich selbst überlassenen Systeme schneller abnehmen mufs bei rotierendem als bei ruhendem Cylinder, da durch die Bewegung fortdauernd positive Elektrizität nach Orten niederen Potentials übergeführt wird." *Schk.*

Über Entladungsstrahlen. Von M. W. Hoffmann (*Wied. Ann. 60, 269; 1897*). Die Thermoluminescenz, d. h. die Fähigkeit mancher Körper, schon bei Erwärmung unter Glühtemperatur Licht auszusenden, geht bei längerer Erwärmung auf höhere Temperatur verloren, wird aber in der Nähe eines überspringenden elektrischen Funkens wieder hergestellt. E. Wiedemann hatte die Vermutung ausgesprochen (*Zeitschr. f. Elektrochemie 1895, S. 159*), dafs aufser dem Licht hierbei eine besondere Gattung Strahlen wirksam ist, die er „Entladungsstrahlen" nennt. Der Nachweis solcher Strahlen ist nur bei Substanzen möglich, deren Thermoluminescenz durch ultraviolettes Licht nicht erregt wird. Besonders geeignet zeigte sich Gyps mit einem geringen Zusatz von Mangansulfat; beides in Breiform gemischt und nach dem Erstarren möglichst gut ausgeglüht. Die Substanz wurde auf einem Kupferblech in dünner Schicht ausgebreitet und durch einen Bunsenbrenner erhitzt; die Erregung geschah durch die Funkenstrecke einer 20plattigen Töplerschen Influenzmaschine.

Hoffmann zeigte zuerst, dafs die Thermoluminescenz nicht durch chemisch veränderte Luft, ebenso nicht durch das Licht des Funkens oder durch elektrische Schwingungen hervorgerufen wird. Platten von Quarz und Flufsspat, welche die ultravioletten Strahlen durchliefsen, schirmten die Substanz völlig vor den Wirkungen der Entladung. Dasselbe that ein Dielektricum. Mit der Dauer der Exposition wuchs die Luminescenzfähigkeit bis zu einem Maximum. Zur Erzielung gleich heller Luminescenz war bei gleichem Potential und gleicher Funkenstärke immer eine gleiche Anzahl von Entladungen nötig, ganz unabhängig von dem Zeitraum der Exposition. Eine schwache, lang dauernde Bestrahlung hat dieselbe Wirkung wie eine starke, kurz anhaltende. Die Entladungsstrahlen gehen von allen Stellen der Funkenbahn aus, etwas stärker von der Kathode. Sie pflanzen sich geradlinig fort, eine Reflexion liefs sich nicht nachweisen. Ihre Intensität nimmt etwas schneller als das Quadrat der Entfernung der Substanz von den Funken ab.

Eine Untersuchung verschiedener Gase zeigte, dafs Stickstoff die Entladungsstrahlen ebenso wie Luft durchläfst, Sauerstoff und Kohlensäure sie dagegen stark absorbieren. Ging die Entladung selbst in einem andern Gase vor sich, so ergab sich, dafs Sauerstoff, Kohlensäure und Leuchtgas gar keine, Stickstoff eine geringe, Wasserstoff dagegen eine sehr viel stärkere Erregung der Thermoluminescenz zu Stande kommen liefs als Luft. Die in Wasserstoff erzeugten Entladungsstrahlen vermochten Flufsspat zu durchdringen, was bei den in Luft erzeugten nicht der Fall war.

Entladungen in verdünnten Gasen senden ebenfalls Entladungsstrahlen aus, deren Intensität bei wachsender Verdünnung zunimmt. Sie gehen auch hier von der ganzen Entladung aus und sind an der Kathode am wirksamsten. Sauerstoff und Kohlensäure zeigten erst bei niederen Drucken Thermoluminescenz, Wasserstoff und Stickstoff verhielten sich wie Luft. Unter dem Einflufs elektrischer Schwingungen treten in einer elektrodenlosen, mit mäfsig verdünntem Gase gefüllten Röhre ebenfalls Entladungsstrahlen auf, die eine lebhafte Thermoluminescenz hervorrufen. Ist das Gas dagegen sehr verdünnt, so erregen elektrische Schwingungen in solchen Röhren in ganz ähnlicher Weise Kathodenstrahlen, wie von E. Wiedemann und Ebert (*Wied. Ann. 50, 35; 1893)* nachgewiesen wurde.

Eine Ablenkung von Entladungsstrahlen durch den Magneten liefs sich nicht nachweisen. Ebensowenig fand eine Einwirkung auf eine photographische Platte statt, wenn diese lichtdicht mit schwarzem Papier umhüllt war, aber nur so lange, als die Entladung unter gewöhnlichem Druck vor sich ging. Bei sinkendem Druck wurde die Papierhülle durchlässig. Selbst bei ganz kurzer Exposition konnte Hoffmann innerhalb des Entladungsrohres Aufnahmen erzielen, die den Lenardschen sehr ähnlich waren, wenn auf das die Platte einschliefsende Papier Metall- oder Holzstückchen gebracht wurden. „Bei tiefen Drucken gewinnen also die Entladungsstrahlen allmählich die Fähigkeit, die Körper gemäfs der Dichte zu durchdringen; ob sie hierbei zu Röntgenstrahlen werden oder ob sie die nicht ablenkbaren Kathodenstrahlen von Goldstein, Wiedemann und Ebert bilden, müssen spätere Versuche zeigen.“ *Schk.*

Eine neue Wirkung des Magnetismus auf das Licht. Von P. Zeemann. Schon Faraday hatte Versuche darüber angestellt, ob das Spektrum von Metallchloriden durch die Wirkung eines Elektromagneten eine Veränderung erleide. Zeemann hat jetzt mit vollkommeneren Mitteln eine solche Einwirkung nachweisen können. Die Lichtquelle war eine Leuchtgassauerstoffflamme, in die ein mit Kochsalz getränktes Stück Asbest eingeführt wurde; sie befand sich zwischen den parabolischen Polen eines Elektromagneten, der durch einen Strom von 27 Amp. erregt wurde. Das Licht wurde durch ein Rowlandsches Concavgitter analysiert; die D-Linien erschienen deutlich verbreitert, sobald der Magnet erregt war. Zur Controlle untersuchte Zeemann auch das Absorptionsspektrum des Natriumdampfes, der dazu in einer zwischen den Polen befindlichen unglasierten Porzellanröhre von 1 cm Weite erzeugt wurde, während als Lichtquelle eine Bogenlampe diente. Die D-Linien des Absorptionsspektrums erschienen ebenfalls verbreitert, wenn der Magnet erregt war. Das Resultat ist um so interessanter, als es im Einklange steht mit der Lorentzschen Lichttheorie, die die Lichtschwingungen als Vibrationen der Jonen auffafst. Lorentz selbst hat aus seiner Theorie vorausgesagt, dafs eine so verbreiterte Spektrallinie, wenn man sie in Richtung der Kraftlinien betrachte, an dem einen Rande rechts, an dem andern links polarisiert sein müsse, dagegen linear polarisiert, wenn man sie senkrecht zu den Kraftlinien betrachte. Diese Vorhersage wurde durch Beobachtungen von Zeemann bestätigt. Die Änderung der Schwingungsdauer wird bei einer Feldstärke von 10^4 (C.G.S.) auf $^1/_{40000}$ geschätzt. Die Änderung erklärt sich durch Superposition einer einfachen schwingenden Bewegung und einer Drehung. Hierbei wird, wie beim Foucaultschen Pendelversuch, nicht blofs die Bahn, sondern auch die Schwingungs- oder Rotationsdauer geändert. *(E.T.Z. 1897. H. 15, Naturw. Rundsch. 1897, No. 14.)*

Die Darstellung von reinem Chrommetall. Von H. Moissan (*Ann. de chim. et de phys. VII. Sér. T. VIII Août 1896 p. 559—570*). Nachdem H. Moissan schon 1893 die Darstellung von metallischem Chrom (und Mangan) durch Reduktion des Oxydes im elektrischen Ofen gezeigt hatte *(C. R. 116, 349)*, hat er neuerdings die Gewinnungsmethode so weit verbessert,

insbesondere durch Anwendung eines schwach geneigten Kohlenrohres, welches das Gemisch von Oxyd und Kohle aufnahm und ein Abfliefsen des geschmolzenen Metalles ermöglichte, dafs er das Element in gröfseren Mengen (20 kg) gewann. Zunächst bildete sich bei der Operation ein mehr oder weniger stark kohlenstoffhaltiges Chrom, und es ist Moissan gelungen, zwei bestimmte Carbide in krystallisierter Form, entsprechend den Formeln C_2Cr_3 und CCr_4 zu erhalten; ersteres erhielt er beispielsweise vermittelst eines Stromes von 350 Amp und 70 V. Die Reinigung des kohlenstoffhaltigen Chroms wurde hauptsächlich mit geschmolzenem Kalk vorgenommen; sie beruht auf der grofsen Leichtigkeit, mit der sich Kohlenstoff mit Kalk zu Calciumcarbid verbindet. So wurde ein Metall erhalten, das nur noch 1,5 bis 1,9% C enthielt. Dasselbe krystallisiert in Krystallgruppen, die an die bekannten Formen des Wismuths erinnern. Wurde die Reaktion weiter geführt, so bildete sich als Zwischenprodukt ein Doppeloxyd von Calcium und Chrom, das in einem Ofen von gebranntem Kalk umgeschmolzen ein kohlenstofffreies Chrom lieferte, das sich feilen und polieren liefs. — Was die physikalischen Eigenschaften des Metalles anbetrifft, so wurde die Dichte zu 6,92 (bei 20° C.) ermittelt. Der Schmelzpunkt ist höher als der des Platins; das geschmolzene Metall zeigt im elektrischen Ofen das Aussehen und die Beweglichkeit des Quecksilbers und kann direkt in Barrenform gegossen werden. Bei der Hitze, die ein Strom von 1000 Amp und 70 V lieferte, konnten in einem genügend grofsen elektrischen Ofen mit einem Male 10 kg Chrom präpariert und gegossen werden. Dieser Gufs zeigte 97,14 Teile Chrom, 1,69 C, 0,60 Fe, 0,39 Si und Spuren von Ca. Das ganz reine Chrom zeigt keine Einwirkung auf die Magnetnadel. Das Carbid von der Formel C_2Cr_3 ritzt Quarz, selbst Topas, aber nicht Korund; das von der Formel CCr_4 ritzt leicht Glas, schwerer Quarz. Reines Chrom hat keine Wirkung auf Quarz und ritzt Glas nur schwer. Einzelne Bruchstücke ganz reinen Chroms ritzten Glas überhaupt nicht. — In chemischer Hinsicht kann Chrom als luftbeständig betrachtet werden. Zwar wird das reine polierte Metall in feuchter Luft etwas trübe, doch ist dies nur eine leichte oberflächliche Oxydation, die sich nicht fortsetzt. In Sauerstoff stark erhitzt, brennt es mit noch schöneren Funken als Eisen. Chromfeile, auf etwa 700° in Schwefeldampf erhitzt, geht unter Erglühen in Chromsulfid über. Mit Silicium verbindet es sich leicht zu einer krystallisierten, den Rubin an Härte übertreffenden Verbindung; dieselbe ist gegen die schärfsten chemischen Lösungsmittel sehr widerstandsfähig. Ähnlich verhält sich das Chrom zum Bor. Salzsäurelösung greift das Chrom sehr leicht an; mit Schwefelsäure kann ein krystallisiertes Sulfat von blauer Farbe erhalten werden; rauchende Salpetersäure und Königswasser haben keine Einwirkung; geschmolzener Kalisalpeter greift es bei dunkler Rotglut mit Lebhaftigkeit an. Kupfer, mit nur 0,5 Chrom legiert, zeigt doppelte Härte, nimmt schöne Politur an und ist widerstandsfähiger an der Luft als reines Kupfer.

Es sei angefügt, dafs H. Moissan in ähnlicher Weise auch das reine Wolfram — jedoch nicht in so grofsen Mengen — darstellte und näher untersuchte (*a. a. O. S. 570—574*). Die sehr hohe Dichte dieses Elementes wurde zu 18,7 ermittelt. Es übt keine Wirkung auf die Magnetnadel aus. An der Luft ist es im ganzen beständig. Schwefelsäure und Salzsäure greifen es nur schwer an, während es sich in einer Mischung von Fluorwasserstoff- und Salpetersäure rasch löst. Es wurde ein wohlcharakterisiertes Carbid von der Formel CW_2 erhalten; dasselbe ist von grauer Farbe, härter als Korund und leichter angreifbar als das Metall; in Sauerstoff verbrennt es bei ca. 500° zu Wolframsäure und Kohlendioxyd (*C. R. 123, 13*). Das reine Metall läfst sich feilen und schmieden; sein Schmelzpunkt liegt noch höher als der des Chroms und Molybdäns. *O.*

3. Geschichte.

Samuel Thomas von Sömmering und Philipp Reis. Zur Erinnerung an die beiden Erfinder hat der physikalische Verein in Frankfurt a. M. einen Neudruck der auf sie bezüglichen Aufsätze aus seinen Jahresberichten veranstaltet. Wir geben einige historisch interessante Einzelheiten daraus wieder. Die Erfindung des ersten galvanisch-elektrischen Telegraphen durch Sömmering geht auf das Jahr 1809 zurück. In einem Trogapparat waren 27 Goldstifte befestigt und mit Buchstaben des Alphabets, nebst Wiederholungszeichen und

Punkt, versehen. Von einem Zeichengeber aus führten zu diesen Stiften ebensoviele durch Kautschuk isolierte und zu einem Kabel vereinigte Drähte; der durch diese geleitete Strom einer Voltaschen Säule (von 15 Silber-Zink-Plattenpaaren) rief an den Stiften Gasentwicklung hervor. Im Jahre 1811 wurde der Apparat durch Sömmerings Sohn in Genf vor Physikern und Ärzten demonstriert. In dem Begleitschreiben gab der Erfinder u. a. an, dafs man eine solche mit Kautschuk überzogene Leitung auch durch einen Flufs legen könne, ohne dafs die Wirkung beeinträchtigt würde. Napoleon lehnte die Erfindung ab, dagegen wurde sie in Rufsland durch Baron Schilling von Cannstadt bekannt gemacht und vervollkommnet. Dieser fand, dafs die Leitung sogar durch eine Wassermasse unterbrochen sein könne und die Gasentwicklung doch fortdauere; er construierte auch 1820 auf Grund der Oerstedtschen Entdeckung einen brauchbaren elektromagnetischen Telegraphen mit nur zwei Leitungsdrähten und demonstrierte ihn 1835 in Bonn und Frankfurt a. M.; hierdurch erst wurde erwiesenermafsen die Erfindung auch in England bekannt und gab den Anlass zu der Einrichtung elektromagnetischer Telegraphen durch Wheatstone (1837). Inzwischen hatten auch Gaufs und Weber (1835) ihre Nadeltelegraphen construiert und Steinheil in München (1837) den ersten Telegraphen eingerichtet.

Die erste Veröffentlichung von Reis „über Telephonie durch den galvanischen Strom“ ist im Jahresbericht des Physikalischen Vereins 1860/61 erschienen. Der Erfinder geht von der theoretischen Fragestellung aus: Wie nimmt unser Ohr die Schwingungen mehrerer zugleich tönender Körper wahr? Auf der Beantwortung dieser Frage fufsend, construierte er sein Instrument, bei dem durch die Schwingungen einer Membran, die in der Mitte ein Platinstreifchen trug, ein Strom periodisch geöffnet und geschlossen wurde. Die Reproduktion des Tones geschah dadurch, dafs der Strom durch eine Drahtspirale geleitet wurde, in der sich ein dünner Eisenstab befand; dieser wurde durch die periodischen Unterbrechungen des Stroms in longitudinale Schwingungen versetzt, deren Anzahl gleich der des ursprünglichen Tones war; d. h. der Stab reproduzierte den Ton, der dem Unterbrecher zugeführt wurde. Reis fügt der Beschreibung noch vorausschauend hinzu: „Da die Länge des Leitungsdrahtes hierbei jedenfalls ebenso weit ausgedehnt werden darf, wie bei direkter Telephonie, so gebe ich meinem Instrument den Namen Telephon“. Mit dem Apparat konnte Reis einer zahlreichen Versammlung Melodieen hörbar machen, die in einem andern Hause in etwa 300 m Entfernung bei geschlossenen Thüren gesungen wurden. Die menschliche Sprache jedoch konnte nicht mit hinreichender Deutlichkeit wiedergegeben werden; die Consonanten wurden ziemlich deutlich reproduziert, die Vokale aber noch nicht in gleichem Grade. — Das Instrument wurde 1863 von Böttger auf der Naturforscherversammlung in Stettin, 1864 von Reis selbst in Giefsen vorgeführt. Silvanus P. Thompson hat die Leistung des Erfinders in einer besonderen Schrift *„Philipp Reis, inventor of the telephone“* (1883) gewürdigt, und neuerdings hat auch Hughes (vgl. d. Zeitschr. *VIII 321*) das Verdienst von Reis anerkannt. — Ein Denkmal für Philipp Reis wurde 1885 in seiner Vaterstadt Gelnhausen errichtet; für Sömmering ist ein solches jetzt fertiggestellt und wird voraussichtlich im Sommer d. J. zu Frankfurt a. M. enthüllt werden. *P.*

---

4. Unterricht und Methode.

Eine amerikanische Stimme über den naturwissenschaftlichen Unterricht in Deutschland. In der *Educational Review, Dec. 1896* (*New York, Henry Holt and Co.*) hat Dr. Eduard J. Goodwin, Direktor der High School in Newton bei Boston, einen Aufsatz über *„Some Characteristics of Prussian Schools“* veröffentlicht. Er teilt die Eindrücke mit, die er bei dem Besuch preufsischer, besonders Berliner Schulen empfangen hat. Die Disciplin und die Teilnahme der Schüler am Unterricht finden bei ihm unbedingtes Lob; auch würden im allgemeinen bedeutendere Unterrichtsresultate erzielt als in Amerika. Nur einen Unterrichtszweig, die Naturwissenschaften, nimmt der Verfasser von dieser Anerkennung aus. Er sagt darüber wörtlich folgendes:

„Während wir klar erkennen und offen eingestehen, dafs die Organisation der preufsischen Schulen wissenschaftlicher und erfolgreicher ist als die unsere, und dafs die Deutschen

uns im Unterricht der alten wie der modernen Sprachen übertreffen, so erfüllt es uns doch mit Genugthuung, dafs es wenigstens eine Gruppe von Lehrgegenständen giebt, von denen wir glauben dürfen, dafs sie bei uns einsichtiger und besser gelehrt werden. Es traf sich so günstig, dafs ich an einem Gymnasium, einem Realgymnasium, einer Realschule und einer Gemeindeschule dem Unterrichte in Physik, Chemie und Naturgeschichte beiwohnte; aber in keinem Falle konnte die Unterrichtsmethode den Vergleich mit der unsrigen aushalten. Die Handhabung der Methode liefs nichts zu wünschen übrig, aber die Methode selbst war die geringwertige, von uns seit Jahren aufgegebene. Es war die altmodische, durch Objekte, Modelle, Apparate und Instrumente erläuterte Vorlesung. Der Lehrer führte seine Demonstrationen geschickt aus, aber die Schüler safsen in einer ziemlichen Entfernung; sie sahen allerdings mit sichtlichem Interesse zu, aber sie nahmen an den Experimenten nicht selbst teil. Auf den unteren Stufen machten die Schüler nicht einmal Notizen über das, was sie sahen, dagegen wurden schwierigere Punkte durch den Vortrag des Lehrers oder durch die Antworten einzelner heller Köpfe unter den Schülern aufgeklärt. Nirgends fand ich ein Laboratorium, das für praktische Arbeiten von seiten der Schüler eingerichtet gewesen wäre. Als Erziehungsmittel ist ein solches Unterrichtsverfahren nicht zu vergleichen mit den praktischen Arbeiten, die von Schülern in unseren physikalischen und chemischen Laboratorien ausgeführt werden, ebensowenig wie mit den glänzenden Studienplänen für Naturwissenschaft, die in unseren besten Elementarschulen eben jetzt mit grofser Beschleunigung zur Ausführung gelangen."

Es ist schwierig, über das hier gefällte Urteil sich zu äufsern, da weder der objektive Bestand, der dem Urteil zu Grunde liegt, noch die Qualifikation des Urteilenden selbst hinreichend bekannt sind. Soviel verlautet, ist Herr Goodwin kein Fachmann auf dem Gebiet des physikalischen Unterrichts; auch ist er mit der deutschen Sprache nur sehr mangelhaft vertraut gewesen, er dürfte daher schwerlich von unserer Unterrichtsmethode, die in einer fortwährenden gemeinsamen Bearbeitung des Gegenstandes durch Lehrer und Schüler besteht, den richtigen Begriff bekommen haben. Er erwähnt zwar, dafs einzelne schwierige Punkte auch von den Schülern aufgeklärt wurden, aber er scheint die Rolle, die das Fragestellen und Antworten in dem methodischen Gang des Unterrichts spielt, nicht richtig verstanden zu haben; er könnte sonst nicht den Vorwurf erheben, dafs die Methode nur in der „altmodischen Vorlesung" bestehe. Auch dafs die Schüler auf der unteren Stufe keine Notizen machten, ist völlig gerechtfertigt; denn bei jüngeren Schülern ist entweder ein Lehrbuch oder das Diktat des Lehrers nötig, wenn das Gesehene und Verstandene richtig festgehalten werden soll. Es bleibt also als einzig Substantielles, dafs die Versuche bei uns vom Lehrer gemacht, in Amerika von den Schülern selbst ausgeführt werden. Der Wert solcher Selbstbethätigung der Schüler ist auch von uns niemals verkannt worden. Es sei an die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Aufsätze über Schülerübungen erinnert, sowie auch daran, dafs in Chicago eine Kollektion der Noackschen Apparate für Schülerübungen von Liebich Nachf. (Giefsen) ausgestellt war und mit Medaille und Diplom (*for simplicity and excellence of construction*) ausgezeichnet worden ist. Immer aber würden wir solche Übungen nur neben dem gemeinsamen Unterricht, nicht an dessen Stelle wünschen. Denn der gemeinsame Unterricht hat bei richtiger Handhabung Vorzüge, die sich beim Einzelunterricht nicht erreichen lassen. Andererseits freilich müssen wir wünschen, dafs Schülerübungen der erwähnten Art auch bei uns mindestens facultativ allgemein eingeführt würden, damit praktische Geschicklichkeit und praktischer Blick schon frühzeitig bei allen denen geschult werden, die ihrer für ihre spätere Laufbahn bedürfen. Die Bestärkung in diesem Bestreben dürfte denn auch das Wertvollste sein, was aus der vorher wiedergegebenen Kritik für uns zu entnehmen wäre. Übrigens scheint Herrn Goodwin entgangen zu sein, dafs an unseren Realgymnasien und Oberrealschulen mit dem chemischen Unterricht praktische Übungen im Laboratorium verbunden sind. Auf die Einrichtung des physikalischen Unterrichts in Amerika werden wir demnächst auf Grund authentischen Materials ausführlicher zurückkommen. *P.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Erkenntnistheoretische Grundzüge der Naturwissenschaften und ihre Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart. Allgemein wissenschaftliche Vorträge von Prof. Dr. P. Volkmann. XII und 187 S. Leipzig, B. G. Teubner 1896.

Die Absicht, die der Verfasser mit der vorliegenden Schrift verfolgt, berührt sich mit Gedanken, die auch in dieser Zeitschrift wiederholt ausgesprochen worden sind. Er erkennt den Naturwissenschaften — in erster Reihe der Physik — auch in allgemein menschlicher Hinsicht eine besondere Kulturaufgabe zu: die Aufgabe nämlich, als Vorbild zu dienen in der Methode, eines verwickelten Stoffes Meister zu werden. Er will demnach Beiträge zu einer wissenschaftlichen Methodenlehre liefern, und bespricht in einer Reihe von Vorträgen eine Anzahl hierher gehöriger Probleme, aus denen wir das Prinzip der Vergleichung, die Methoden der Induktion und Deduktion, die Denkformen der Isolation und Superposition, die Begriffe der Gröfsenordnung und des Wesentlichen hervorheben. Wer diesen Problemen Interesse entgegenbringt, namentlich der Lehrer der Physik, wird aus den Darlegungen des Verfassers vielfache Anregung schöpfen. Vor allem aber sind sie dazu geeignet, Fernerstehende darüber aufzuklären, welche allgemeinen Beiträge die Naturwissenschaften der Frage menschlicher Bildung und Erkenntnis zuzuführen vermögen. Im einzelnen möchte man wohl wünschen, dafs der Verfasser sowohl in historischer wie auch in erkenntnistheoretischer Richtung hier und da noch tiefer gegraben hätte. So ist das Verhältnis zwischen Atomistik und Infinitesimalrechnung nicht ganz befriedigend dargestellt, die Auffassung des Verdienstes Galileis um das Beharrungsgesetz ist historisch nicht völlig zutreffend. (Eine nachträgliche Bemerkung des Verf. reicht doch nicht hin, die vorher gegebene Deutung des Beharrungsprinzips, die nur von dessen späterer Form gilt, gebührend einzuschränken.) Nicht haltbar dürfte auch sein, dafs die Wellennatur des Lichtes (erst?) durch Wieners Entdeckung der stehenden Lichtwellen zu einer vollendeten Thatsache geworden sei. Andererseits aber sind zahlreiche aufklärende Hinweise, die auch für den Unterricht wertvoll sind, in die Darstellung verflochten. Über einige solcher Auseinandersetzungen, deren Inhalt in das Buch mit aufgenommen ist, ist in dieser Zeitschrift bereits früher berichtet (*VII 303; VIII 44, 101*). Die Ergänzungen und Zusätze am Schlusse des Buches beziehen sich auf: Analogie und Anschauung, Atomistik, Causalität, Grundlagen des Systems der Physik, Monismus (gegen Häckel), Notwendigkeit, oscillierende Denkprozesse, Superposition, Trägheitsprinzip in übertragener Bedeutung. *P.*

Gustav Theodor Fechner. Von Kurd Lafswitz. (Frommanns Klassiker der Philosophie I.) Stuttgart, Friedr. Frommanns Verlag (E. Hauff), 1896. VIII und 207 S. M. 1,75.

Für die mit diesem Bande eröffnete neue philosophische Bibliothek ist es ein günstiges Omen, dafs ein Forscher den Anfang macht, der wie kein anderer den Einklang zwischen exaktem Erkennen und philosophischem Denken als die Grundlage jedes tieferen Eindringens in den Weltzusammenhang erkannt und dargestellt hat. Dem Physiker wird vorwiegend nur das bekannt sein, was Fechner auf physikalischem Gebiet geleistet hat; es genügt hier, das Wort eines neueren Physikers anzuführen, dafs Fechners „Mafsbestimmungen über die galvanische Kette" in keiner Sammlung von mustergültigen Beispielen physikalischer Experimentaluntersuchungen fehlen sollten. Aber den Physiker mufs es auch interessieren, wie Fechner, auf exakter Grundlage fufsend, eine Weltanschauung aufgebaut hat, die den Bedürfnissen des Verstandes wie des Gemüts gleichermafsen gerecht wird. Von den Einzelheiten dieses „Weltbildes" giebt Lafswitz, dessen vielseitige Begabung der Geistesart Fechners verwandt ist, eine klare und lehrreiche Darstellung, in der namentlich hervortritt, wie entschieden Fechner mit allem Dogmatismus auf naturwissenschaftlichem Gebiet aufgeräumt hat. Es zeigt sich, dafs auch die exakteste Forschung noch Raum für Möglichkeiten läfst, die der im Vorurteil Befangene kurzweg für undenkbar hält; so die Vorstellung von der Erde als einem empfindenden Organismus, oder die Hypothese von der Entstehung des Anorganischen aus dem Organischen. Der Herausgeber erkennt ihm daher nicht nur, als dem Begründer der Psychophysik, eine hohe Bedeutung für die Philosophie zu, er erblickt in seinem Denken auch die fruchtbarsten Keime für eine volkstümliche Weltanschauung des zwanzigsten Jahrhunderts. In einer kritischen Schlufsbetrachtung setzt er auseinander, wie weit er den Ideen Fechners dauernde Gültigkeit, und wie weit er ihnen nur subjektiven Wert zuerkennt. Jeder Physiklehrer, der seine pädagogische Aufgabe nicht mit der Beschränkung auf den engeren Fachbereich für erfüllt hält, sondern vielmehr den Zusammenhang aller höheren Bildung im Auge hat, wird die Schrift kennen lernen müssen. *P.*

Die Erhaltung der Arbeit. Von Dr. R. Heger, a. o. Honorarprofessor a. d. Königl. Sächs. Technischen Hochschule und Gymnasialoberlehrer in Dresden. Hannover 1896, Helwingsche Buchhdlg. 305 S. M. 8.

Der Verfasser beabsichtigt, die hohe Bedeutung des Gesetzes von der Erhaltung der Arbeit

den weitesten Kreisen zugänglich zu machen, und zwar wendet er sich an denjenigen Leser, welcher „mit den landläufigen physikalischen Anschauungen und den allereinfachsten mathematischen Kenntnissen einigermafsen vertraut ist“, und will ihn in den Stand setzen, die Naturerscheinungen vom Standpunkte der Erhaltung der Arbeit aus wissenschaftlich zu erfassen.

Erörterungen, wie sie der Verf. anzustellen hat, finden sich natürlich in denjenigen Lehrbüchern der Physik, welche das Energiegesetz gebührend würdigen, bereits vor, doch giebt die Behandlung des Materials von jenem einheitlichen Gesichtspunkte aus dem Buche ein besonderes Gepräge und auch im einzelnen beschreitet der Verf. häufig originelle Wege; dies tritt z. B. in der Wärmelehre, welche u. a. Berechnungen über Heifsluftmaschinen und Dampfmaschinen auf Grund einfacher Näherungsformeln enthält, vorteilhaft hervor.

Manchmal fordert freilich die Darstellung des Verf. einige Kritik heraus. Z. B. nimmt die Schlufsbetrachtung über ruhende Elektrizität den folgenden Verlauf: „Wenn man die Fassungen (Kapazitäten) von Metallkugeln in der oben angegebenen Weise untersucht, so finden sie sich verhältnisgleich mit den Halbmessern“. Aus diesem Satze wird mit Hülfe einer kleinen Rechnung das Coulombsche Gesetz abgeleitet, und nunmehr gesagt, dafs der Satz vom umgekehrten Abstandsquadrate auf einer Reihe theoretischer Voraussetzungen beruhe, deren Zuverlässigkeit bei jeder passenden Gelegenheit durch die Erfahrung geprüft werden müsse; jetzt erst folgt die Besprechung der Drehwage. Dafs diese Darstellung gegenüber der sonst üblichen Vorteile biete, leuchtet nicht recht ein; selbst wenn man davon absieht, dafs das Coulombsche Gesetz historisch genommen eine der Grundlagen bildet, auf denen die genauere Formulierung des Energiegesetzes sich aufbaute, vermifst man nicht gern eine Verwertung dieses Gesetzes für den Potentialbegriff, welche aber naturgemäfs in der obigen Darstellung fehlt. Läfst sich hierüber streiten, so ist dies wohl nicht der Fall, wenn wir behaupten, dafs die einzelnen Formen, welche der Energiesatz auf den verschiedenen Gebieten der Physik annimmt, häufig nicht nachdrücklich und einfach genug zum Ausdrucke gelangen — ein Mangel bei einem Buche, welches gemeinverständlich sein soll. Warum ist z. B. der Satz, dafs die beim Abfliefsen von Elektrizität geleistete Arbeit dem Produkte aus Menge und Spannung entspricht, nicht ausdrücklich ausgesprochen, sondern nur sozusagen als etwas Selbstverständliches zwischen den Zeilen zu lesen? Beim Jouleschen Gesetz würde dann auf diese Betrachtung zurückzugreifen sein. Dies letztere wird aber ebenfalls etwas kühl und selbverständlich abgethan, z. B. werden die einschlägigen Versuche nicht beschrieben, wie denn überhaupt weder der Name noch ein Experiment von Joule in dem Buche vorkommt. Sollte man angeben, welche Gegenstände, um Platz zu schaffen, hätten kürzer behandelt werden können, so würde man etwa auf die Einrichtung von Bogenlichtregulatoren u. s. w. hinweisen.

Noch ein äufserer Umstand fällt bei der Lektüre des — wie wir nach unseren Ausstellungen nochmals hervorheben wollen — empfehlenswerten Buches auf, nämlich die thunlichste Vermeidung aller Fremdwörter. Kapazität heifst Fassung, Potential Arbeitsgrad, Isotherme Gradfeste, adiabatische Kurve Wärmedichte u. s. w. Als Erläuterungen sind solche Ausdrücke gut, als durchgehende Bezeichnungen halten wir sie aus naheliegenden Gründen für verfehlt. *Sp.*

Elektrische Wechselströme und unterbrochene Ströme. Nach drei in der Royal Institution zu London gehaltenen Vorträgen von Professor George Forbes, deutsch von Dr. J. Kollert. Mit 88 Figuren im Text. Leipzig, Quandt & Händel 1896. 100 S. M. 2,50.

Der Verfasser hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Vorgänge, welche in Leitern mit grofser Kapazität oder Selbstinduktion beim Durchgang kurz dauernder oder wechselnder Ströme auftreten, mittels einfacher mechanischer Analogieen dem Verständnis näher zu bringen. Es werden behandelt die Kapazitäts-Erscheinungen in unterseeischen Kabeln, die Wirkungen der Selbstinduktion und der gegenseitigen Induktion, die Versuche von Elihu Thomson, Hertz und Tesla. Das Büchlein erhebt nicht den Anspruch, eine streng wissenschaftliche Darstellung dieser Gegenstände zu geben, aber wir glauben, dafs auch in derartigen populären Vorträgen eine strengere und systematischere Behandlung des Stoffes geboten und möglich ist. Im übrigen bringt es manches auch für den Unterricht schätzenswerte Material. Unter den Analogieen, welche zur Veranschaulichung elektrischer Verhältnisse herangezogen werden, sei der vom Verfasser ausführlich behandelte Fall eines tordierten Drahtes erwähnt. Die elektromotorische Kraft ist in diesem Bilde die tordierende Kraft. Ist der Draht mit Flügeln versehen und in eine Flüssigkeit gehängt, so ist die Reibung entsprechend dem elektrischen Widerstande; die Umdrehungsgeschwindigkeit entspricht dem Strom, die Torsionselastizität der Kapazität. Es erscheint nicht unwichtig, dafs man sich durch Behandlung derartiger Analogieen, von dem Vergleich eines elektrischen Stromes mit einem Flüssigkeitsstrom frei macht, welcher sich ja äufserst fruchtbar erweist, daher aber auch so viel behandelt wird, dafs der Schüler schliefslich glauben kann, es handle sich hier um mehr als eine Analogie, welcher andere an die Seite gestellt werden können. *Sp.*

Die Kreisläufe der Luft nach ihrer Entstehung und in einigen ihrer Wirkungen. Von W. Weise, Kgl. Preuss. Oberforstmeister und Direktor der Forstakademie zu Münden. Mit 8 Textfiguren und 4 lithographierten Tafeln. Berlin, J. Springer, 1896. VI u. 86 S. M. 3.

Ein Forstmann, der in seinem Beruf seit vielen Jahren die Witterungserscheinungen und besonders die verheerenden Wirkungen der Stürme fleifsig beobachtet und über die Ursachen des Gesehenen eifrig nachgedacht hat, setzt in dem Buche seine Zweifel an der Richtigkeit mancher bestehenden Lehre über die Witterungsvorgänge auseinander und versucht seine eigenen Auffassungen darzulegen und zu begründen. Er sieht den Urquell der Bewegung von Wasser und Luft in der Drehung der Erde um ihre Achse und in der Fortbewegung der Erde in ihrer Bahn um die Sonne. Er ist also wie Kepler der Ansicht, dafs die Meeresströmungen in der Achsendrehung der Erde ihren Grund hätten. Diese Auffassung Keplers ist ein Zeugnis für die niedrige Entwicklungsstufe der damaligen Mechanik, da ja die Drehung vorhandene Bewegungen nur beeinflussen, nicht aber hervorbringen kann. Der Verfasser ist ferner der Ansicht, dafs die Erwärmung der Luft durch die Sonne zwar überall Bewegung der Luft hervorrufe, aber niemals an und für sich aus eigener Kraft das ganze Luftmeer in bestimmt gesetzmäfsiger Weise in Bewegung setzen könne. Die Winde fafst er folgendermafsen auf: Westwind (Ostwind) ist ein solcher, der sich in der Richtung nach Ost schneller (langsamer) bewegt als ein darunter liegender fester Punkt der Erde. Reiner Nordwind (Südwind) bedinge auf der nördlichen Halbkugel einen Weststrom, der an Schnelligkeit zunähme (abnähme), dabei aber seine Strombahn entsprechend der Schnelligkeit-Zunahme (-Abnahme) nach Süden (Norden) verlege. Verschiebe sich der Weststrom nach Süden (Norden) und nähme die Schnelligkeit nicht in der gedachten Art zu (ab), so werde die wahrnehmbare Windrichtung eine andere. Ein und derselbe Wind könne bei hinreichender Stärke im Windschatten besondere Ströme, Begleitströme, hervorrufen. Wenn Sturm herrsche, so blase er in der Regel oberhalb einer bestimmten Höhe in ziemlich wagrechter Richtung, ohne durch die Unebenheiten im Gelände nennenswert abgelenkt zu werden. Solche Stürme, die der Verfasser Deckelströme nennt, rufen an ihren Grenzen in dem darunterliegenden Gebiete Begleitströme hervor. Der Sturm selbst könne Depressionen und in beschränkter Weise auch Maxima erzeugen. Der Hauptstrom sei hier die Ursache, die Depression die Wirkung. Der Verfasser kommt also zu ähnlichen Auffassungen wie Otto Rausenberger (vgl. d. Zeitschr. *IX 109, 1896*). Der Hauptwert des Buches liegt in seinen beiden letzten Abschnitten, die den Einfluss der Windströme auf den Luftdruck und die Stürme behandeln. Der Verfasser ist sich der Schwächen seiner Arbeit wohl bewufst und fühlt, dafs er nur Bausteine, aber keinen Bau geliefert hat; er hat seine Auffassungen nur veröffentlicht, damit der richtige Werkmeister den eigentlichen Bau aufführen könne. Aber auch mancher Stein wird wohl von dem künftigen Baumeister als nicht brauchbar verworfen werden. *Hahn-Machenheimer.*

Die atmosphärische Luft. Eine allgemeine Darstellung ihres Wesens, ihrer Eigenschaften und ihrer Bedeutung. Von Dr. A. Marcuse. Berlin, Friedländer & Sohn, 1896. 76 S. M. 2,00.

Das Buch ist gelegentlich einer von der Smithsonian Institution zu Washington ausgeschriebenen Preisaufgabe entstanden und hat dabei eine „ehrenvolle Erwähnung“ davongetragen. Der Stoff wird nach einer Einleitung — die sich besonders mit der Höhe der Atmosphäre, ihrer Zusammensetzung und allgemeinen Bedeutung befafst — sehr zweckmäfsig in drei Hauptabschnitte geteilt: 1. „Statische Atmosphärologie“, Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit und sonstige physikalische Eigenschaften umfassend; 2. „Dynamische Atmosphärologie“, die Schwankungen der vorgenannten Faktoren, sowie die Winde behandelnd; 3. „Angewandte Atmosphärologie“, in welcher Klima und Wetter nebst Prognose, Agrarisches, Aëronautisches u. a. seinen Platz gefunden hat. Die wichtigsten Thatsachen aus diesen Gebieten haben eine gewandte Darstellung gefunden; das Buch enthält eine grofse Fülle von Einzelheiten, bei seiner Kürze naturgemäfs auf Kosten der näheren Begründung. Es ist z. B. eine die Schwierigkeiten umgehende oder nicht andeutende Darstellung, wenn es S. 26 heifst: „Am Tage und bei klarem Himmel absorbiert nun die Luft besonders die Strahlen mit grofsen Wellenlängen und sie reflektiert vorzugsweise solche mit kleineren Wellenlängen. Dadurch erklärt sich die blaue Färbung des Himmels.“ Beim Blitzableiter ist nur die landläufige Vorstellung, dafs der Blitzableiter als Weg für den Blitz dient, wiedergegeben (S. 34). Dafs die Bergkrankheit, besonders daher rühre, dafs „die Muskeln nicht nur die Bewegungen auszuführen haben, sondern wegen des geringeren äufseren Luftdruckes auch noch die Extremitäten in den Gelenkpfannen halten müssen“ (S. 68), ist eine weitverbreitete Annahme, die aber für die Höhen, bei welchen Bergkrankheit eintritt, einer genauen Berechnung nicht stichhält. Bei der „Höhe der Atmosphäre“ hätte die Preisarbeit von Frank H. Very über die Wärmestrahlung des Mondes — der im allgemeinen viel zu wenig Beachtung geschenkt wird — Berücksichtigung finden können. Jedenfalls kann das Buch als eine gedrängte Übersicht über

die wichtigsten Erscheinungen der Atmosphäre, beispielsweise auch zur Anschaffung für Schülerbibliotheken, empfohlen werden. *O. Ohmann.*

Die Akkumulatoren. Eine gemeinfafsliche Darlegung ihrer Wirkungsweise, Leistung und Behandlung. Von Dr. K. Elbs, o. Prof. a. d. Univ. Giefsen. 2. vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 3 Figg. Leipzig, J. A. Barth, 1896, 46 S.

Die kleine Schrift erfüllt ihren Zweck, mit der Einrichtung, Verwendung und Behandlung kleiner Akkumulatorenbatterieen — wie sie immer mehr in Laboratorien, Schulen und der ärztlichen Praxis benutzt werden — näher bekannt zu machen, in vorzüglicher Weise und kann daher auch für die Zwecke der höheren Schulen angelegentlich empfohlen werden. Es ist wünschenswert, dafs in einer Neuauflage die Schreibweise von Jonen und -jonen in die richtige, mit einem i statt j, umgeändert würde. *O. Ohmann.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 23. Nov. 1896. Herr H. Hahn sprach über die ersten Unterrichtsstunden in der Physik. Er ist der Ansicht, dafs die Mechanik nicht zur Begründung, sondern nur zur Veranschaulichung der physikalischen Erscheinungen herangezogen werden dürfe und dafs das hypothetische Wesen der Molekularphysik im Unterricht scharf hervortreten müsse. Es seien defshalb aus dem Anfangsunterricht die mechanischen und molekularen Bestandteile auszuscheiden. Er untersucht in den ersten Physikstunden die Gestalt und Gröfse verschiedener Körper und gelangt so zu den drei Formen der festen, flüssigen und luftförmigen Körper. Dann behandelt er ohne Benutzung des Begriffs der Schwerkraft die Eigenschaft der Schwere. Er weist mittels der Federwage das Verhältnis zwischen Gewicht und Masse nach und bestimmt dann mittels der Wage für einige feste und flüssige Körper die Dichten. Für die luftförmigen Körper bedarf die Eigenschaft der Schwere eines besonderen Nachweises. Es wird daher noch das Gewicht der Luft und im Anschlufs daran der Luftdruck und die Spannung der luftförmigen Körper behandelt. — Herr F. Poske berichtete über einen Vorschlag für die Behandlung des Mafssystems im Physikunterricht.

Sitzung am 7. Dec. 1896. Herr P. Szymański legte die neue Röntgenlampe von Siemens und Halske (vgl. d. Zeitschr. *X 103*) vor und zeigte deren Behandlung und Leistung. Derselbe brachte die Fluorescenz eines mit einer Schwefelkohlenstoffflamme beleuchteten fluorescierenden Körpers durch das Dazwischenschieben einer Glas- oder Glimmerplatte zum Verschwinden. Er legte eine Reihe von Röntgenlampen vor, durch die deren Entwicklung veranschaulicht wurde, ferner eine Pulujsche Lampe und eine Röhre mit Kupferanode, die einen Nickelbeschlag zeigte, der durch Zerstäubung der Nickelkathode entstanden war. Er brachte in einer elektrodenlosen Röhre, zu der eine Funkenstrecke parallel geschaltet war, Schwefelcalcium zum Fluorescieren. Er zeigte, dafs Röhren aus englischem Glase rot, die aus deutschem Glase blau fluorescieren. Er legte eine Hittorfsche Röhre mit einem 10 Pf.-Stück vor, bei der im Lichtfleck die Zahl 10 zu erkennen war, und eine Röhre, bei der eine Art Kathodenstrahlen nach einem von dem gewöhnlichen abweichenden Spiegelungsgesetz zurückgeworfen wurden. — Herr P. Spies erörterte die letzte Erscheinung und einige von Herrn Szymański vorgelegte X-Bilder. Er gab ferner weitere Mittel an, um die Luftverdünnung in Röntgenlampen zu regeln.

Sitzung am 18. Januar 1897. Herr M. Koppe hielt einen Vortrag über das Unterrichtsverfahren in der astronomischen Geographie. Er setzte auseinander, dafs der Lehrstoff der VI eine falsche Grundlage gebe, dort würden die astronomischen Gesetze wie Sprachregeln gelernt. Es sei später schwerer, das einzureifsen, als von neuem aufzubauen. Nachdem er einen Aufsatz in den Blättern für höheres Schulwesen (1896 No. 7), die Erdkunde von A. Kirchhoff und den einschlägigen Teil des Handbuchs der Erziehungs- und Unterrichtslehre von A. Baumeister kritisch besprochen hatte, entwickelte er seine eigenen Ansichten: Man solle mit der Karte eines kleinen Bezirkes, etwa einem Mefstischblatt, anfangen und zunächst die Himmelsrichtungen feststellen, indem man vom Polarstern ausgehe, dann einige Sternbilder kennen lernen und Auf- und Untergänge der Gestirne beobachten (Circumpolarsterne). Der Globus sei nur als verbesserte Karte zu verwenden, ein drehbarer sei überflüssig. Die Gestalt der Erde sei aus den Ergebnissen der Erdvermessung herzuleiten. Nachdem er die Gewinnung und Verwertung der Himmelskugel besprochen, setzte er die Bestimmung der geographischen Breite und Länge auseinander. Für die Behandlung der Bewegungen der Fixsterne, von Sonne und Mond sei die ptolemäische Anschauung ausreichend, erst die Erörterung der Planetenbewegungen erfordere die Kopernikanische Lehre. Bei der Betrachtung der Sonnenbewegung erläuterte er ausführlich, wie man zum Tierkreis gekommen sei; bei der Aufzählung der Bilder solle man heutzutage mit den „Fischen“ beginnen.

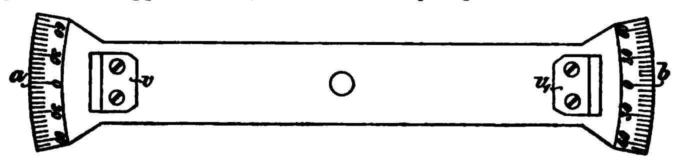
Sitzung am 1. Februar 1897. Herr R. Heyne legte ein Polpapier vor, das er hergestellt hatte, indem er Papier erst in conzentrierte Salpeterlösung und dann in eine verdünnte Lösung von Phenolphtaleïn in Alkohol tauchte. Schrieb er mit dem negativen Pol auf dem farblosen angefeuchteten Papier, auf das er den positiven Pol aufdrückte, so erschienen purpurrote Schriftzüge, die nach einiger Zeit verschwanden. Leitete er mittels zweier Platinelektroden einen Strom durch eine Mischung, die aus einer Lösung von Salpeter in Wasser, einer Lösung von Phenolphtaleïn in Alkohol und Glycerin bestand, so färbte sich die Flüssigkeit an der negativen Elektrode purpurrot. Er zeigte, dafs die Erscheinung an der Kathode eine alkalische Reaktion sei, da eine Phenolphtaleïnlösung durch Hinzufügung von Ammoniak stark rot gefärbt wird, welche Färbung durch Hinzusetzen von Schwefelsäure verschwindet. Hält man Phenolphtaleïnpapier über eine geöffnete Ammoniakflasche, so färbt es sich sofort rot. Man kann statt Phenolphtaleïn auch Rosolsäure, die von dem negativen Pole, und Methylviolett, das von dem positiven Pole umgefärbt wird, verwenden, doch sind die Wirkungen im Vergleich zu der des Phenolphtaleïns sehr schwach. Derselbe beschrieb die Herstellung des Hefsschen Kupferquecksilberjodids und des Rebenstorffschen Silberquecksilberjodids und zeigte die Einwirkung der Wärme auf beide Stoffe. Zur Befestigung der Jodide auf Papier benutzte er Negativlack. — Er blies eine gedeckte Orgelpfeife (a_1) mit dem Blasebalg und eine offene Pfeife (g_1) mit comprimierter Kohlensäure an, letztere gab den Ton f_1. Er zeigte durch Anblasen mittels Kohlensäure den Oberton einer offenen Pfeife. Schliefslich wies er noch auf die Verwendung schwach nitrierter Schiefsbaumwolle als Reibzeug bei elektrostatischen Versuchen hin. — Herr M. Koppe gab Ergänzungen zu seinem in der Sitzung am 18. Januar gehaltenen Vortrage. Er hielt es für verkehrt, in der astronomischen Geographie statt Anschauungen Anschauungsmittel zu bieten. Richtige Anschauungen würden nur durch die Betrachtung des Himmels gewonnen. Man solle die Erscheinungen so auffassen, wie man sie sieht; man solle sie anschauen, aber zunächst nicht erklären. Er erläuterte die Beweise für die Kugelgestalt der Erde und zeigte besonders die Unmöglichkeit, aus dem angeblich kreisförmigen Schatten der Erde auf dem Monde auf die Kugelgestalt der Erde zu schliefsen. Er besprach die Verwendung des Globus und die Verbindung von Globus und Erde. Er beschrieb die Herstellung des Gradnetzes unter Berücksichtigung des Sternhimmels und die Bestimmung von Breite und Länge am Himmel. Er stellte dann kritische Betrachtungen über das Kartenzeichnen an, bei denen er auf die Mercatorprojektion, die konische Projektion und die Geländedarstellung näher einging.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Feldwinkelmesser nach Ohmann[1]).

Mitteilung aus dem Technischen Institut von Dr. Robert Müncke, Berlin NW., Luisenstr. 58.

Am „Feldwinkelmesser", dessen Herstellung wir vor längerer Zeit übernommen haben, ist neuerdings eine Verbesserung und zwar am Zeiger angebracht worden. Dieser der Alhidade des Theodolithen entsprechende Apparatenteil, den in seiner jetzigen Ausführung die beistehende Figur



im Grundrifs zeigt, und der bisher neben den beiden Visieren v und v_1 nur einen Nonius, bei a, hatte, ist jetzt am entgegengesetzten Ende mit einem zweiten Nonius b versehen worden. Der Wert des doppelten Nonius beruht, wie beim Theodolithen, darauf, dafs durch die zweifache Ablesung ein etwaiger Excentrizitätsfehler herausgeschafft werden kann. Bei absolut genauer Centrierung müssen beide Ablesungen um genau 180° verschieden sein; sind sie um 180° und einige Minuten verschieden, so wird der Excentrizitätsfehler eliminiert, indem man, unter Beibehaltung der am ersten Nonius erhaltenen ganzen Gradzahl, das Mittel der an den beiden Nonien abgelesenen Minutenzahlen hinzufügt. — Der Apparat, der seit längerer Zeit auch erhöhte Visiere am Zeiger zum Hin- und Rückvisieren erhalten hat (während die in d. Zeitschr. *V 166* gegebene Abbildung noch die einfachen Visiere zeigt), ist in seinem Preise — 20 M. inkl. Kasten — durch Hinzufügung des zweiten Nonius nicht erhöht worden. Der Zeiger wird auch einzeln zum Preise von 7 M. abgegeben und kann, da er bei jedem Apparat abnehmbar ist, auch auf früher bezogene Apparate aufgesetzt werden.

[1]) Vergl. d. Zeitschr. *V 166*.

Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1897.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	Juni						Juli						
Monatstag	4	9	14	19	24	29	4	9	14	19	24	29	
Helio-centrische Längen.	280°	295	311	330	350	15	43	74	105	133	158	180	☿
	277	285	293	301	309	317	325	332	340	348	356	4	♀
	254	259	264	268	273	278	283	287	292	297	302	307	♁
	160	162	164	167	169	171	173	175	178	180	182	184	♂
	163	163	164	164	165	165	165	166	166	166	167	167	♃
	238	238	238	238	239	239	239	239	239	239	240	240	♄
Aufst. Knoten.	309	309	308	308	308	308	307	307	307	307	306	306	☾
Mittl. Länge.	124	190	256	322	28	94	159	225	291	357	63	129	☾
Geo-centrische Rekt-ascensionen.	120	182	256	330	27	91	155	219	298	0	60	126	☾
	60	56	60	65	71	80	89	101	112	124	134	144	☿
	33	36	39	43	47	51	56	60	65	71	76	82	♀
	73	78	83	88	93	99	104	109	114	119	124	129	☉
	133	136	138	141	144	147	150	153	156	159	162	165	♂
	155	155	156	157	157	158	159	160	160	161	162	162	♃
	234	234	234	233	233	233	233	233	232	232	232	232	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	+ 21	− 5	− 27	− 10	+ 17	+ 26	+ 8	− 21	− 22	+ 5	+ 25	+ 19	☾
	+ 15	+ 16	+ 17	+ 18	+ 20	+ 22	+ 23	+ 24	+ 23	+ 22	+ 19	+ 16	☿
	+ 11	+ 12	+ 12	+ 13	+ 14	+ 15	+ 16	+ 17	+ 18	+ 19	+ 20	+ 21	♀
	+ 22	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 22	+ 22	+ 21	+ 20	+ 19	☉
	+ 19	+ 18	+ 17	+ 17	+ 16	+ 14	+ 13	+ 12	+ 11	+ 10	+ 9	+ 8	♂
	+ 12	+ 11	+ 11	+ 11	+ 11	+ 10	+ 10	+ 10	+ 9	+ 9	+ 9	+ 8	♃
	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	♄
Aufgang.	15h42m	15.40	15.39	15.39	15.40	15.43	15.47	15.52	15.57	16.4	16.11	16.19	☉
	20h10m	1.30	8.45	11.11	12.15	15.31	21.55	3.36	8.40	9.53	11.36	17.2	☾
Untergang.	8h14m	8.18	8.22	8.24	8.24	8.24	8 22	8.19	8.14	8.9	8.2	7.54	☉
	11h19m	12.32	15.27	22.24	3.15	8.25	10.13	11.36	17.12	23.47	4.31	7.50	☾
Zeitglchg.	− 1m53s	− 0.58	+ 0.3	+ 1.7	+ 2.11	+ 3.14	+ 4.11	+ 5.0	+ 5.36	+ 6.3	+ 6.15	+ 6.14	☉

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

Juni	7	20h 3m	Erstes Viertel	Juli	7	2h 32m	Erstes Viertel
	13	5	Mond in Erdnähe		11	7	Mond in Erdnähe
	14	10 2	Vollmond		13	17 52	Vollmond
	21	12 24	Letztes Viertel		21	4 8	Letztes Viertel
	25	11	Mond in Erdferne		23	4	Mond in Erdferne
	29	15 55	Neumond		29	4 58	Neumond

			☿	♀	♂	♃	♄
Aufgang der Planeten.	Juni	15	14h48m	13.52	19.59	21.44	5.29
	Juli	16	15. 58	13.4	19.47	20.9	3.20
Untergang der Planeten.	Juni	15	6. 3	4.14	11.20	11.52	14.29
	Juli	16	8. 27	4.40	9.51	9.58	12.22

Constellationen. Juni 2 20h ♀ als Morgenstern im gröfsten Glanze; 5 0h ♂ ☌ ☾; 6 20h ♃ ☌ ☾; 12 16h ♄ ☌ ☾; 15 12h ☿ in gröfster westlicher Ausweichung; 20 17h ☉ im Krebs, Sommer-Sonnenwende; 24 21h ♀ im Aphel; 25 19h ♀ ☌ ☾; 28 2h ☿ ☌ ☾. — Juli 1 17h ☉ in Erdferne; 3 15h ♂ ☌ ☾; 4 8h ♃ ☌ ☾; 7 11h ♀ in gröfster westlicher Ausweichung; 9 8h ☿ in Sonnennähe; 9 22h ♄ ☌ ☾; 15 11h ☿ obere ☌ ☉, wird Abendstern; 25 4h ♃ ☌ ♂; 25 8h ☿ ☌ ☾; 29 8h ringförmige Sonnenfinsternis, in Europa unsichtbar; 30 14h ☿ ☌ ☾.

Jupitermonde (Verfinsterungen). Juni: I. 15d 10h 14m A. Sonst keine wahrnehmbar. — Juli: Jupiter geht schon so früh unter, dafs Angaben über die Verfinsterungen seiner Monde nicht mehr geboten scheinen.

Veränderliche Sterne. 1. Algols-Minima treten ein: Juli 6 13h, 26 15h, 29 12h. 2. Aufser den ganz oder nahezu circumpolaren helleren Veränderlichen in *Cepheus*, *Cassiopeia*, *Lyra* sind *α*, *g*, *o*, *u Herculis* zu beobachten; in den späteren Abendstunden kommt auch *Mira Ceti* herauf. — Im Juni stören die hellen Nächte die Beobachtung in hohem Grade.

Meteore. Der kleine Juli-Schwarm (26, 27) leidet nicht vom Mondlichte, wohl aber später der grofse Perseiden-Strom, der in diesem Jahre äufserst dürftig ausfallen wird, da am 12. August Vollmond ist.

Zodiakallicht. Es ist in beiden Monaten morgens, etwa 1h vor Sonnenaufgang, im Westen als eine schief nach rechts stehende Pyramide aufzufinden, soweit nicht das Mondlicht hindert.

J. Plafsmann, Warendorf.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

X. Jahrgang. Viertes Heft. Juli 1897.

Abänderungen einiger chemischer Fundamentalversuche zur Untersuchung der Luft.

Von
O. Ohmann in Berlin.

Die Untersuchung der atmosphärischen Luft auf Grund der Aschenbildung der Metalle bildet einen so fruchtbringenden Bestandteil der methodischen Einführung in die Chemie, dafs es immer von neuem geboten erscheint, die vorhandenen Versuche zu prüfen und nach Ergänzungen oder Verbesserungen derselben zu suchen. Dabei stellt sich heraus, dafs die ganze Untersuchung mit ihren Unterabteilungen: 1. Verbrennung von Metallen an der Luft, 2. Nichtstattfinden der Aschenbildung bei Abschlufs der Luft, 3. Schwererwerden des sich oxydierenden Metalles, 4. Veränderung bezw. Verminderung einer abgeschlossenen Luftmenge infolge von Aschenbildung u. s. w. — in den Lehrbüchern noch keineswegs die logische Durcharbeitung und Unanfechtbarkeit der Versuche besitzt, wie dies z. B. bei einzelnen abgegrenzten Gebieten des physikalischen Pensums bereits der Fall ist. Beispielsweise befriedigt auch die Arendtsche Darstellung (*Anorg. Chem. 1894, S. 6*) nicht in dem 2. der oben erwähnten Punkte. Ferner ist es eine Lücke, die sich jedesmal von neuem fühlbar macht, dafs man die Aschenbildung des Quecksilbers nicht in einem brauchbaren Schulversuch vorführen kann; weder der in Arendts „Technik der Experimentalchemie“ (*1881, § 11a*), noch der von M. Rosenfeld (diese Zeitschr. *VI 196*) angegebene Versuch sind hierzu geeignet. Die nachstehend mitgeteilen Versuche können diese besonderen Lücken allerdings auch nicht ausfüllen; sie sollen nur einige Unvollkommenheiten des erwähnten Complexes von Versuchen — die im eigentlichen Sinne Fundamentalversuche darstellen — beseitigen und zu weiteren Verbesserungen anregen.

Das Eisenpulver (ferrum pulveratum) findet im nachstehenden eine besonders ausgiebige Verwendung. Einmal bildet dasselbe ein vorzügliches Material für viele chemische und physikalische Versuche; ferner hat es gewisse Vorteile, verschiedenartigen Versuchen immer denselben Körper zu Grunde zu legen. Hiermit soll nicht empfohlen werden, andere Metalle auszuschliefsen; dieselben sind vielmehr zu Parallelversuchen, besonders wenn es sich um die allgemeine Erscheinung der Aschenbildung handelt, öfters heranzuziehen.

Das ebenfalls häufig verwendete Asbestpapier bezw. die Asbestpappe wird zweckmäfsig vor dem Gebrauch erst über einer Bunsenflamme ausgeglüht; es verdampfen einige Stoffe, die der Masse noch von der Fabrikation her anhaften. Eine Asbestpappe von 27 g z. B. gab nach dem Glühen einen Gewichtsverlust von 0,9 g. Das Asbestpräparat wird zwar hierdurch etwas spröder, doch ist jede nachträgliche Dampfbildung vermieden. Zum Einleiten verschiedener Prozesse bediene man sich einer glühenden Stricknadel (vergl. diese Zeitschr. *VIII 366*), zu der man aus Draht

einen Fufs, etwa von beistehender Form (Fig. 1), anfertigt. Man halte wenigstens zwei solcher Nadeln in Bereitschaft.

1. Einfache Verbrennung des Eisens an der Luft. *a*) Diese geschieht am besten durch den Versuch, der gewöhnlich erst vorgenommen wird, wenn die Gewichtszunahme zu constatieren ist: durch die Verbrennung von Eisenpulver am Magneten. Der möglichst kräftige Hufeisenmagnet werde in ein Stativ gespannt und das in eine Porzellanschale geschüttete Eisenpulver nicht unmittelbar, sondern unter Zwischenschaltung eines Streifens Asbestpapiers appliziert. Hierdurch wird einer lästigen Verunreinigung des Magneten vorgebeugt, auch wird die Erhitzung desselben — die indessen den Magnetismus nicht nennenswert schwächt — etwas gemindert. Man sorge, dafs zwischen beiden Polen eine Brücke entsteht, nötigenfalls durch Darunterhalten und vorsichtiges Zurückgehen irgend einer Handhabe, auf der sich das Eisen befindet, und entzünde nur eine feine Spitze mit der glühenden Stricknadel. — *b*) Am Elektromagneten, an dem sich mit Leichtigkeit eine Menge von 30 bis 50 g Eisenpulver anbringen läfst, gestaltet sich die Verbrennung zu einem ziemlich glänzenden Vorlesungsversuch. Um die Tragfähigkeit nicht zu weit herabzusetzen, wähle man das Asbestpapier — das hier nötiger ist, als beim gewöhnlichen Hufeisenmagneten — so knapp, dafs es die Pole nur wenig überragt. Nachdem die Masse äufserlich abgebrannt ist und nur noch innen dunkel glüht, öffne man den Strom und lasse das Ganze auf eine daruntergelegte Asbestpappe fallen; das Eisen gerät von neuem in Glühen, da bei der Verbrennung am Magneten die inneren Partieen nicht von der Oxydation ergriffen werden. — Bemerkenswert ist der grofse Unterschied in der Magnetisierbarkeit von compaktem Eisen und Eisenpulver. Ein gröfserer Elektromagnet trug bei Anwendung eines einzelnen Chromsäure-Elementes am Anker eine Belastung von 21000 g, von pulverförmigem Eisen nur ca. 40 g, obgleich eine Brücke zwischen den Polen vorhanden war, die gewissermafsen dem Anker entspricht. Ähnlich trug ein Hufeisenmagnet mittlerer Gröfse mit Anker eine Belastung von 446 g, vom Eisenpulver nur 8,7 g.

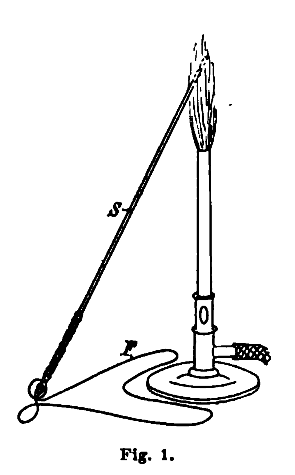


Fig. 1.

Ein Analogon hierzu ist die geringe Leitungsfähigkeit des Eisenpulvers. Wie in dieser Ztschr. *X 105* berichtet, untersuchte C. Fromme (*Wied. Ann. 58, S. 96, 1896*) die von Branly gefundene Erscheinung, dafs Metallfeilspäne, die im allgemeinen den Strom fast gar nicht leiten, eine hohe Leitungsfähigkeit erhalten, sobald sie durch einen Funkenstrom elektrisch bestrahlt werden. Bei Eisenpulver ist nun diese Leitfähigkeit beträchtlich geringer als bei Feilspänen. Bringt man z. B. das Eisenpulver in eine Glasschale (Krystallisationsschale), die vor der Influenzmaschine aufgestellt ist, hängt den einen Pol des Leitungsdrahtes — der mit einem gewöhnlichen Zeigergalvanometer und einem Tauchelement verbunden ist — über den Rand fest ein (durch entsprechendes Umbiegen des Drahtes), dreht man ferner mit der rechten Hand die Influenzmaschine und bringt mit der linken den anderen Pol ins Eisenpulver, so erfolgt trotz der Bestrahlung nicht eher ein Ausschlag, als bis man den Pol auf wenige cm dem eingehängten genähert hat; der Ausschlag ist auch viel schwächer als bei Feilspänen.

Es mag bei dieser Gelegenheit noch darauf hingewiesen werden, dafs Asbest selbst ein wenig magnetisch ist, was bereits 1778 von Brugmans angegeben und neuer-

dings von Swinton und Bleekrode wieder untersucht wurde (vgl. *Nat. Rdsch. 40, 1895*). Auch am Asbestpapier läfst sich diese Eigenschaft noch erkennen: man stelle sehr kleine Schnitzel davon her und nähere die Pole eines stärkeren Magneten. — *c*) Auf dickeres Asbestpapier werden 10 bis 15 g Eisenpulver geschüttet und mit der Messerspitze sternförmig ausgebreitet, um der Luft freien Zugang zu gestatten. Die so vorbereitete Masse wird vom Rande des Tisches aus auf die wagerecht gehaltene Fläche *a* (Fig. 2) eines Drahtnetzes geschoben, dem man die beistehend im Profil angedeutete Biegung (der Demonstration wegen) erteilt hat. Man entzünde mit der glühenden Stricknadel gleichzeitig an ein paar Stellen, da die Oxydation zuerst ziemlich langsam um sich greift; das Glühen ist im ganzen nicht sehr hell, indessen auch von weitem deutlich sichtbar.

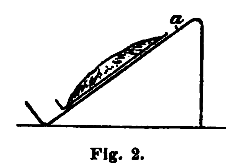


Fig. 2.

2. Erhitzen eines Metalles bei Luftabschlufs. Ein Erhitzen in der Atmosphäre eines unbekannten indifferenten Gases (z. B. Wasserstoff) ist für einen streng induktiven Gang ausgeschlossen. Das Erhitzen im Vakuum wäre das Vollkommenste, ist aber mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden. Einstweilen möge als Ersatz der nachfolgende einfache Versuch dienen. — *a*) Man schneide mit der Schere aus einer Rolle dünn gewalzten Kupfers — das verwendete zeigte einen lebhaften Glanz, tadellose Glätte und eine solche Stärke, dafs ein Stück von 10 cm : 24 cm 6 g wog — ein rechteckiges Stück von etwa 12 cm : 15 cm, falte dieses quer, ähnlich wie einen Fidibus, so dafs das Ganze in etwa 10 Faltstreifen geteilt wird von 12 cm Länge und durchschnittlich 1,5 cm Breite. Man stelle besonders die ersten Falten recht fest her, so dafs die Metallflächen ganz eng ohne Luftschicht aneinander liegen, was bei der vorzüglichen Beschaffenheit des Materials leicht ausführbar ist. Die Ecken kippe man noch mit der Zange fest um, um die Luft auch hier möglichst abzuschliefsen. Das Ganze wird in der Bunsenflamme mehrere Minuten geglüht. Nach dem Erkalten (auf einer Metallplatte) entfaltet man und beobachtet im Innern die unversehrt glänzenden Flächen. — *b*) Man falte von derselben Kupferfolie ein Stück von etwa 10 cm : 24 cm in der Mitte einmal, so dafs eine Fläche von 10 : 12 entsteht. An jeder der drei offenen Seiten bringt man noch 2 bis 3 festaneinanderliegende schmale Falten an und glüht das Ganze. Es ist hier noch augenscheinlicher, dafs die inneren der Luft nicht zugänglichen Flächen von der ganzen Hitze der Bunsenflamme erfafst werden. Beim Entfalten zeigen die inneren Flächen den ursprünglichen Glanz.

3. Gewichtszunahme bei der Verbrennung. *a*) Für diesen Zweck kann der Versuch 1*c* unmittelbar wiederholt werden; man tariert das vorbereitete Gestell ab und entzündet nur an einer Stelle, wobei man durch Drehen der Stricknadel sorgt, dafs nichts vom Eisenpulver haften bleibt. Der Versuch führt immer zu einem günstigen Resultat, auch bei einer Wage von geringer Empfindlichkeit. Der übliche Versuch mit dem Hufeisenmagneten ist nur dann lohnend, wenn die Empfindlichkeit der Wage und die Schwere bezw. Tragfähigkeit des Magneten in einem günstigen Verhältnis stehen, so dafs die Wage ganz zum Sinken kommt. (Derartige Wiederholungen eines Versuches braucht man nicht zu vermeiden, sie sind vielmehr nützlich, weil dabei die Beobachtung auf eine andere Seite derselben Erscheinung gelenkt wird.) — *b*) Die Beträchtlichkeit der Gewichtszunahme tritt noch überzeugender in folgendem Versuche hervor. Eine dünne, aber genügend standfeste Asbestpappe von etwa $(12\ \text{cm})^2$ Fläche wird ausgeglüht, abtariert und mit einer gröfseren Menge Eisenpulver, etwa 30 g, beschüttet; letzteres wird mit wenigen Strichen der Messerschneide auf der Oberfläche in gleichmäfsig dünner Schicht verteilt unter Aussparung eines ge-

nügenden Raumes, um das Ganze mit der Tiegelzange sicher zu fassen. Man bringt nun diese Masse über eine Bunsenflamme, beginnt mit dem Erhitzen an einer Ecke, wo sich alsbald ein ziemlich lebhaftes Glühen kundgiebt, und kommt der um sich greifenden Oxydation durch allmähliches Vorrücken der Erhitzung zu Hülfe. Bringt man das Ganze danach auf die Wage, so kommt dieselbe sofort zum Sinken, da die Gewichtszunahme mehrere Gramm beträgt. Bei 28 g Eisenpulver erfolgte eine Zunahme von 3,5 g. Man mag die Gewichtszunahme in Grammen constatieren und die Zahl aufschreiben lassen, um später nach Auffindung des Sauerstoffes darauf hinzuweisen, dafs mehr als 2 Liter davon zu dem Prozefs erforderlich waren. Die Oxydation ist übrigens auch bei lebhaftestem Erhitzen keine durchgreifende. Im Mörser zerstofsen, haftet noch das Meiste am Magneten; indessen führt ein erneutes längeres Erhitzen der zerstofsenen Masse auf der Asbestpappe zu keiner weiteren Gewichtszunahme, trotzdem ein Verstreuen in eine wagerecht gehaltene Bunsenflamme beweist, dafs noch grofse Mengen unverbrannten Eisens in dem Produkt enthalten sind.

Die Anordnung des letzten Versuches (3*b*) läfst sich übrigens noch nach einer anderen Richtung hin ausnutzen. Gewöhnlich werden aus der Vermutung, dafs die Luft die Ursache der Aschenbildung sei, nur die eingangs (unter No. 2, 3, 4) erwähnten drei Folgerungen gezogen. Hierzu könnte noch eine vierte gefügt werden, nämlich: dafs die Aschenbildung bezw. die Verbrennung bei vermehrter Luftzufuhr gesteigert werden müfste. Diese Folgerung läfst sich in nachstehender Weise bestätigen. Man bringe eine rechtwinklig gebogene Glasröhre durch einen längeren Kautschukschlauch mit dem Gebläse in Verbindung und leite freihändig Luft auf die erhitzte, in Oxydation befindliche Eisenmasse. Überall wo die Luft auftrifft, wird ein deutlich verstärktes Glühen sichtbar. Man kann auch mit gleichem Erfolge durch eine längere Glasröhre Atemluft darauf blasen (in letzterer sind bekanntlich noch reichliche Mengen Sauerstoff); dies ist zwar einfacher, doch weniger einwandfrei, — man müfste denn das Hauptgewicht auf den Umstand legen, dafs durch den Luftstrom die benachbarte Luft in beträchtlichem Mafse mitgerissen wird.

4. Veränderung einer abgeschlossenen Luftmenge infolge einer Verbrennung. *a*) Da der übliche Versuch mit den Kupferspänen im Verbrennungsrohr ziemlich umständlich ist, so hat man schon mehrfach nach Ersatzversuchen gefahndet (vergl. Fr. C. G. Müller, diese Ztschr. *IV 256*, R. Lüpke, diese Ztschr. *VI 287*; bezüglich der Verwendung von Phosphor sowie weiterer historischer Bemerkungen zu diesem Fundamentalversuche vergl. F. Poske, diese Ztschr. *I 213*). Hierbei zeigt es sich meist als ein Übelstand, dafs der Stickstoff, — auf dessen Auffindung es bei diesem Versuche vornehmlich ankommt, — wegen der Rauchbildung bei der Verwendung von *Mg* oder *Na*, als ein wenig klarer Körper erscheint. In dieser Hinsicht wenigstens dürfte der nachfolgende Versuch allen Wünschen entsprechen.

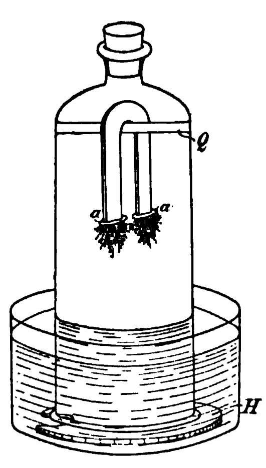


Fig. 3.

a) In eine tubulierte Rezipientenglocke, Fig. 3, (oder gröfsere Flasche ohne Boden) bringe man einen nicht zu kleinen Hufeisenmagneten an, indem man ein passendes Querholz *Q* von Bleistiftstärke zurechtschneidet und dasselbe mit übergelegtem Magneten oben in der Glocke festklemmt. Hierauf versieht man den Magneten mit Eisenpulver, das man in einer Porzellanschale zuführt; vom Asbestpapier verwende man zwei so kleine Stücke (*a*), dafs sie nur wenig die Polflächen

überragen. Die so vorbereitete Glocke stellt man auf die Brücke der Wasserwanne, deren Wasser gefärbt ist, oder in ein sonstiges Wassergefäfs, breitet indessen noch eine dünne geeignete Holzplatte *H* unter (um den Folgen eines etwaigen Herabstofsens des Magneten vorzubeugen). Nun fährt man mit einer glühenden Stricknadel durch den Hals der Flasche vorsichtig nach dem Eisenpulver, bestreicht etliche Spitzen beider Pole, zieht schnell heraus und verschliefst die Flasche mit einem Kautschukpfropfen. Das Eisen glüht mit bald abnehmender Lebhaftigkeit, das Wasser steigt zuerst langsam, und es ist nützlich, durch Auflegen eines mit Wasser oder Alkohol getränkten Leinentuches die Erwärmung der Flasche und des Luftinhaltes auszugleichen. Aber selbst hiernach erscheint das Fünftel in der Absorption nicht ganz erreicht. Dafür ist aber die Luft innen von vollkommener Klarheit und ein brennender Spahn erlischt darin sofort. Bevor man öffnet, stellt man erst gleichen Druck her, indem man soviel Wasser nachgiefst, dafs das Niveau aufsen und innen gleich ist. Es ist wohl nicht nötig, zu erwähnen, dafs man als Gegenversuch zeigen wird, dafs ein brennender Spahn, den man in eine andere Flasche mit viel engerem Halse einführt, nicht erlischt. Zum Nachweis der Veränderung einer abgeschlossenen Luftmenge, d. h. zur Auffindung des Stickstoffs, erscheint der Versuch besonders geeignet; da er auch die Verminderung der Luft deutlich zeigt, so dürfte er in dem Gange der Luftuntersuchung ausreichen. Man wird ihn später, sobald der Phosphor bekannt wird, durch den üblichen Absorptionsversuch ergänzen.

b) Wer den Versuch mit Natrium (vgl. Fr. C. G. Müller a. a. O.) ausführen will — obgleich bei einem rationell-induktiven Lehrgange das Natrium schwerlich vor Untersuchung der Luft bekannt sein wird —, dem sei folgende Abänderung empfohlen. Die Anordnung ist ähnlich wie beim Phosphorversuch: *Na* (statt *P*) in flacher Porzellanschale, die auf schwimmender gröfserer Korkplatte mittels ein wenig Plastilina (Modelliermasse der Bildhauer) festgestellt wird; hierüber wird eine Flasche ohne Boden gestülpt. Nun hält man (als Ersatz der glühenden Stricknadel) zwei 25 cm lange Abschnitte einer etwa 1 cm starken Eisenstange (wie man sie für Fenstervorhänge in jeder Eisenhandlung erhält) glühend in Bereitschaft, fährt mit der einen durch den Hals der Flasche zum Natrium, das — selbst als gröfseres Stück — in wenigen Sekunden schmilzt, und nimmt, falls die Entzündung noch nicht eintritt, auch das zweite glühende Stück zu Hülfe. Nach dem Verschliefsen tritt die Absorption hinreichend ein. Sehr störend ist bei der Verwendung von Natrium die starke Rauchbildung.

5. Verbrennung von Eisen in Sauerstoff. *a*) Den Versuch mit der Uhrfeder oder einem Eisendraht wird man wegen der lebhaften Energie des Vorganges im Unterricht nicht übergehen. Nichtsdestoweniger ist das Ergebnis desselben in chemischer Hinsicht ziemlich dürftig: Das Endprodukt ist ein schwacher Anflug an der Wandung, den man sogar im Interesse des Gefäfses bald entfernen mufs. Es ist daher der weiter unten folgende Parallelversuch (*b*) mehr zu empfehlen. Vorerst seien einige Abänderungen zum Uhrfederversuch angegeben. — Statt an dem unteren Ende Feuerschwamm (oder Holz, nach Lubarsch: „*Technik des chemischen Unterrichts*“, *1889*, *S. 25*) zu befestigen und diesen glimmend einzuführen, genügt es, dasselbe mit einem festangedrückten Kügelchen Plastilina von der Gröfse einer Linse zu umhüllen. Das andere Ende (*u*, Fig. 4) führt man mittels Federmesserschlitz durch eine Asbestpappe *a* von nebenstehender Form, biegt es um (nach Ausglühen an der betreffenden Stelle) und

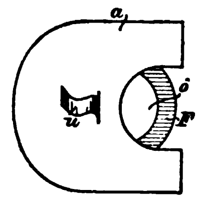


Fig. 4.

bringt die so gehaltene Uhrfeder in die Flasche *F*, indem man noch eine Öffnung *ö* freiläfst. Dies alles kann vorbereitet werden. Der Versuch selbst besteht dann nur darin, dafs man das Plastilina mit der glühenden Stricknadel berührt und die Asbestpappe noch mehr über die Öffnung schiebt. Wer nicht Plastilina zur Hand hat, kann das untere Ende auch mit Wachs versehen; dieser und noch einige andere Körper sind gleichfalls Zünder für das Eisen in Sauerstoff, wenn sie mit der glühenden Stricknadel berührt werden. Es genügt übrigens, den Sauerstoff für diesen Versuch durch ein bis auf den Boden der Flasche reichendes Glasrohr, ähnlich wie Chlor, einzuleiten, — der glimmende Spahn zeigt ziemlich genau an, wann die Flasche ganz gefüllt ist. — *b*) Auf die ebene Glasplatte *P* (Fig. 5) stelle man einen niedrigen Dreifufs (oder ähnliches Gestell), auf den man das zu Versuch 1*c* verwendete Drahtnetz *D* mit Asbestpapier und Eisenpulver (14 g) bringt. Dem Dreifufs breitet man noch eine Scheibe Asbestpapier unter genau von der Gröfse der unteren Öffnung der Rezipientenglocke *R*, deren unterer Rand noch gefettet wurde. Nachdem man letztere übergestülpt, bringt man das mit dem Gasometer verbundene Glasrohr *g* hinein und leitet Sauerstoff ein. Hierauf berührt man mit der glühenden Stricknadel das Eisenpulver und deckt noch die Asbestpappe vom vorigen Versuch darüber. Die Glasröhre *g* kann man belassen und während der Verbrennung noch weiter *O* zuführen. Es entsteht ein intensives aber ruhiges Glühen, ohne dafs ein Umhersprühen der Masse stattfindet, so dafs sich das Produkt unmittelbar zur Beobachtung eignet. Man kann die beträchtliche Gewichtszunahme feststellen, doch ist der Versuch leider nicht zu einer quantitativen Bestimmung bezüglich der Atomgewichte verwendbar. — Die geschilderte Vorrichtung kann noch zu weiteren Verbrennungen dienen. Giebt man auf das Drahtnetz — das in diesem Fall besser durch ein horizontal liegendes zu ersetzen ist — z. B. einen Bausch von Blattaluminium, appliziert an einer geeigneten Stelle in demselben eine erbsengrofse Menge des Gemisches von Eisenpulver und Schwefel (das vorrätig zu halten ist), so findet, wenn man die letztere — nach Überstülpen der Glocke und Einleiten von *O* — durch die Stricknadel entzündet, die Oxydation des Metalles in glänzender, explosionsartiger Weise statt.

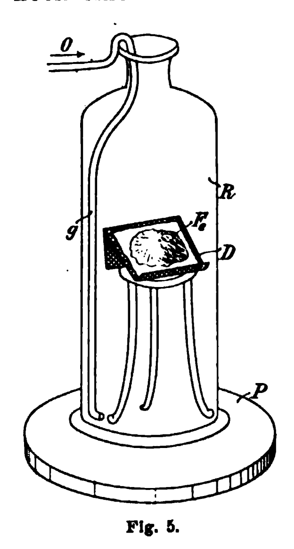


Fig. 5.

6. Zersetzung der Kohlensäure. Der nächste Versuch gehört nicht mehr zum gewöhnlichen Gange der Untersuchung der Luft, steht aber in so enger Beziehung zu ihr, dafs seine Mitteilung in diesem Zusammenhange gerechtfertigt erscheint.

Über die Reduzierbarkeit von Sauerstoffverbindungen durch Magnesium liegen eine gröfsere Reihe von Versuchen vor, so von L. Gattermann und Cl. Winkler, mitgeteilt in den Ber. d. chem. Gesellsch. 1889 bis 1891 (vgl. die ausführlichen Berichte in d. Ztschr. *II 252* und *V 146*). Unter den letzteren befindet sich auch die Reduktion des Kohlenstoffdioxydes. Als Schulversuch wird diese Zersetzung gewöhnlich mit Natrium (Arendt, Technik §. 98) oder mit Magnesiumband (ebenda) oder mit Kalium (Lubarsch, Technik S. 137) ausgeführt. In allen drei Fällen ist das wesentliche Resultat, das Auftreten schwarzer Kohlenstoffmassen, nur unvollkommen wahrzunehmen. Auf die Winklerschen Versuche wurde ich erst nachträglich aufmerksam; ein Vergleich mit der Originalabhandlung (*Ber. d. Ch. G. 23₂ S. 2644*) ergab, dafs der daselbst zur Reduktion der Kohlensäure ausgeführte Versuch sich wenig zur Demon-

stration eignet — welcher Zweck ihm allerdings auch fernliegt; W. erhitzt das Magnesium in einem Schiffchen im strengflüssigen Glasrohr bis zur Rotglühhitze, wobei am Metall erst noch Farbenänderungen beobachtet werden. Der nachstehende, mit den einfachsten Mitteln ausführbare Versuch wird daher nicht überflüssig sein.

Eine gröfsere Flasche ohne Boden (*F*, Fig. 6) wird in umgekehrter Stellung in einem Stativ befestigt und unten durch einen Kork mit Glasröhre verschlossen, durch welche letztere aus einem Kippschen Apparat Kohlensäure hinzugeleitet wird. Die Flasche ist mit einer Glasplatte zunächst nicht völlig bedeckt. Innen ist ein niedriges Gestell eingesetzt. Man schüttet nun auf ein Stück Asbestpappe (*a*) bis 3 g Magnesiumpulver, legt an den Rand der Masse ein Stückchen (cm²) Salpeterpapier, auf das man eine winzige Menge Magnesiumblitzpulver schüttet — Materialien, wie sie beim Photographieren Verwendung finden —, bringt das Ganze in die Flasche, in die dauernd Kohlensäure (aus einer Gasentwicklungsflasche, nicht aus einer Bombe) geleitet wird, — überzeugt sich noch durch den brennenden Spahn, ob die Flasche bis oben hin mit CO_2 gefüllt ist und berührt nun das Salpeterpapier mit der glühenden Stricknadel, worauf man die Flasche völlig bedeckt. Statt dessen kann man auch das Magnesium an der Luft mittels hellglühender Stricknadel entzünden und rasch mit der Hand oder besser an einer improvisierten Hängevorrichtung aus Draht einführen. — Das Magnesium verbrennt ziemlich lebhaft auf Kosten des Sauerstoffs der Kohlensäure, die zu freiem Kohlenstoff reduziert wird. Die erkaltete ziemlich festgewordene Masse sieht weifslich aus; dies rührt jedoch nur von einer dünnen oberflächlichen Schicht Magnesiumoxydes her; denn zerbricht man die Masse jetzt, so zeigt sich das ganze Innere gleichmäfsig schwarz, von einer überraschenden Tiefe der Färbung, als hätte man es mit einem Stück reinster compakter Kohle zu thun.

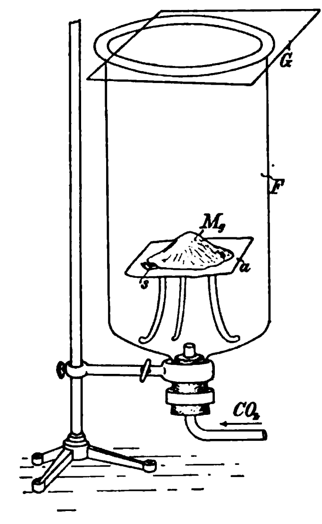


Fig. 6.

Zu einer quantitativen Bestimmung läfst sich der Versuch nicht ausnutzen. Die Gewichtszunahme ist zwar erheblich, und es verlohnt, dieselbe nachzuweisen, doch wird die theoretische Gröfse nicht erreicht. 2,4 g *Mg* gaben eine Zunahme von 1,4 statt 2,2 g. Die Oxydation ist also auch hier keine durchgreifende; beim Verstreuen der schwarzen Masse in die wagerecht gehaltene Bunsenflamme zeigt sich daher noch ein sporadisches Aufleuchten, doch ist im Innern der Masse mit dem Auge nichts von metallischem oder verbranntem Magnesium zu erkennen.

Eine selbstschreibende Atwoodsche Fallmaschine.

Von

Dr. **K. Schreber,** Privatdozent in Greifswald.

1. Eines der ersten Gesetze, welches in der Physik abzuleiten und zu demonstrieren ist, ist das Gesetz des freien Falles. Der direkte Nachweis desselben ist schwierig, weil die Erdbeschleunigung zu grofs ist. Man hat deshalb besondere Apparate, die sogenannten Fallmaschinen gebaut, welche, der Zahl der unabhängigen Veränderlichen entsprechend, in 2 Gruppen geteilt werden können. Die zur ersten

Gruppe gehörigen Apparate haben das Gemeinsame, dafs die Erdbeschleunigung direkt zur Wirkung gelangt, dafür aber die Zeiteinheit sehr klein genommen wird. Derartige Fallmaschinen sind die mit sehr feinen, elektromagnetisch auslösbaren Chronoskopen versehenen Apparate, die Mönnichsche Fallmaschine, die fallende schwingende Stimmgabel u. s. w.[1]). Von diesen verdient wohl die meiste Beachtung die Maschine von Mönnich, denn die schwingenden Stimmgabeln setzen die meist noch nicht vorgetragenen Gesetze der Wellenlehre voraus, und die Chronoskope müssen, wenn bei der kurzen Fallzeit die Beobachtung hinreichend genau sein soll, in Bezug auf Auslösung und Arretierung sehr präcise gearbeitet sein, sodafs sie sehr teuer werden. Gemeinsam aber haben alle drei Arten dieser Gruppe den Nachteil, dafs sie nur das erste Fallgesetz $s = g/_2\, t^2$ zu demonstrieren gestatten.

Die zur zweiten Gruppe gehörigen Fallmaschinen machen die in der Zeiteinheit durchfallene Strecke dadurch mefsbar, dafs sie die Erdbeschleunigung in mefsbarer Weise verkleinern, während sie als Zeiteinheit die Sekunde beibehalten. Sie erzielen dadurch bei Demonstrationen den Vorteil, dafs das Auditorium den Fall leichter verfolgen kann. Aufserdem aber ermöglichen sie noch den Nachweis des zweiten Gesetzes $v = g\,t$. Die beiden hier benutzten Prinzipien sind ausgeführt in der Fallrinne von Galilei und der Fallmaschine von Atwood. Beiden gemeinsam ist die bequeme willkürliche Änderung des zur Wirkung gelangenden Bruchteiles der Erdbeschleunigung; im Vorteil ist aber die Atwoodsche Fallmaschine, weil sie das zweite Gesetz ohne Unstetigkeit in der Richtung und damit ohne Stofs nachzuweisen gestattet, und weil sie aufserdem den in dasselbe Kapitel der Physik gehörenden Nachweis der Beziehungen zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung giebt.

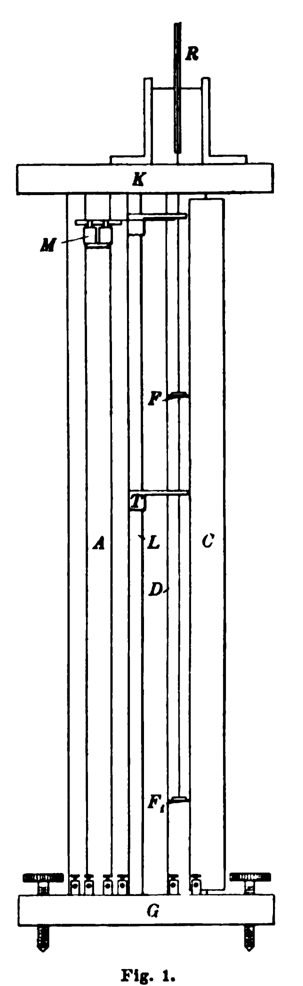


Fig. 1.

Einen Nachteil aber hat die Atwoodsche Fallmaschine, allerdings gemeinsam mit den meisten anderen Fallapparaten — ausgenommen sind nur die Mönnichsche Fallmaschine und die fallenden Stimmgabeln —, nämlich das Experimentieren ist recht umständlich, weil die zu jeder gewählten Zeit gehörige Fallstrecke durch einen eignen Fallversuch ermittelt werden mufs, und zur Darstellung der Gesetze eine grofse Anzahl von Fallstrecken gehört.

2. Ich habe versucht, diesem Übelstande abzuhelfen und dazu das von Mönnich benutzte Prinzip des Aufschreibens auf die Atwoodsche Fallmaschine übertragen. Diese selbstschreibende Atwoodsche Fallmaschine hat folgende Form:

Auf dem vom 2 bis $2^1/_2$ m hohen Stativ A (Fig. 1) getragenen Kopfbrett K ruht auf Friktionsrädchen (in der Zeichnung weggelassen) das Fadenrad R. Am Stativ A ist die Mefslatte L befestigt, welche auf der dem Auditorium zugekehrten Seite eine Teilung in cm, auf der entgegengesetzten eine solche in mm trägt, und an welcher der Abhebetisch T verschoben werden kann. Die Platte dieses Tisches (Fig. 2) besteht aus einem nahezu voll-

[1]) Winkelmann, Handbuch der Physik I 1891, 112.

ständigen Kreisring aus Hartgummi. Dicht vor der Latte L, von derselben nur soweit entfernt, dafs der Tisch T verschoben werden kann, ist zwischen Kopfbrett K und Grundbrett G der Draht D ausgespannt. Ungefähr 3 cm vom Draht D ist zwischen Kopf- und Grundbrett ein Messingrohr C drehbar aufgestellt. Zwischen Draht D und Rohr C fällt der mit dem Übergewicht beschwerte Fallkörper F bezw. F_1. Derselbe besteht aus einem dünnen, scharfrandigen Messingteller, dessen Durchmesser 0,1 bis 0,2 cm kleiner ist als die Entfernung vom Draht zum Rohr. Die zur Veränderung der bewegten Masse dienenden Messingscheiben haben einen noch kleineren Durchmesser. Die Übergewichte sind Hartgummistäbe von 4 bis 5 cm Länge.

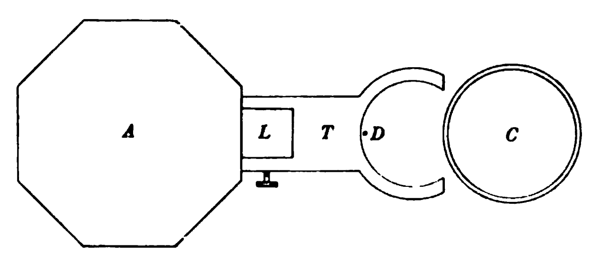


Fig. 2.

Am Anfang der Teilung der Latte L befindet sich die Auslösevorrichtung (Fig. 3). Dieselbe besteht aus einer leicht beweglichen Klappe, welche von einer Stütze S in horizontaler Stellung gehalten wird. Diese Stütze ist in der aus der Zeichnung erkennbaren Weise am Stativ A mittels eines federnden Stahlstreifens befestigt. Nahe beim Drehpunkt dieser Feder trägt dieselbe ein Stück weiches Eisen, welches beim Beginn eines jeden Versuches der Elektromagnet M anzieht. Dadurch wird die Stütze S unter der Klappe hervorgezogen und diese fällt herunter.

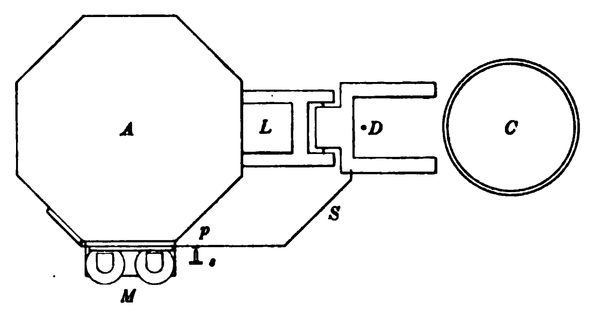


Fig. 3.

Auf das Rohr C wird ein Längsstreifen von Jodkaliumstärkekleisterpapier geklebt und Rohr C und Draht D mit dem sekundären Stromkreis eines Induktionsapparates verbunden. Wird dieser am Anfang jeder Sekunde erregt, so wird zwischen Draht und Rohr genau in der Höhe ein Funke überspringen, in welcher der Teller des Fallkörpers sich befindet, und wir erhalten somit durch einen einzigen Versuch das erste Fallgesetz aufgezeichnet.

Um am Anfang jeder Sekunde einen Induktionsstofs zu bewirken, benutzte ich eine Sekundenuhr mit Quecksilbercontakt. Es läfst sich aber auch zu demselben Zweck sehr leicht ein Metronom abändern, indem man die Achse, auf welcher das Pendel sitzt, durch den Kasten hindurch verlängert, durch diese Verlängerung senkrecht zu derselben einen horizontalen Draht steckt, dessen nach unten umgebogene Enden in Quecksilbernäpfe tauchen. Ist das Metronom auf halbe Sekunden eingestellt, so erhält man, wenn beide Drahtenden in Quecksilber tauchen, alle halben Sekunden, wenn nur eines eintaucht, alle vollen Sekunden einen Stromschlufs[2]).

Die bei diesen Apparaten vorkommenden Quecksilbercontakte schliefsen und öffnen den Strom nicht schnell genug, um Induktionsstöfse von hinreichender Spannung zu erzeugen. Ich habe deshalb an der die Auslösungsklappe stützenden Feder S einen Platincontakt p angebracht, welcher bei jeder Erregung des Magneten M gegen

[2]) Vergl. Beckmann, Zeitschr. f. phys. Chem. 21. 239. 1896.

eine Platinspitze *s* schlägt. Der durch den Uhrcontakt gehende Strom wird durch den Elektromagneten geführt; durch den Contakt *ps* wird dann ein zweiter Stromkreis geschlossen, welcher durch die primäre Spule eines Induktionsapparates mit leicht erregbarem Wagnerschen Hammer geht. Macht derselbe recht schnelle Schwingungen, so wird er in der Zeit, während welcher der Contakt *ps* geschlossen ist, mehrere Induktionsstöfse veranlassen, und man wird am Anfang jeder Sekunde nicht nur einen einzelnen, sondern mehrere — bei meinen Versuchen 8 bis 10 — dicht neben einander befindliche Flecken erhalten. Dieser Umstand bringt noch gleichzeitig den Vorteil mit sich, dafs man den Punkt, an welchem sich der Fallkörper zu Beginn jeder Sekunde befand, auf gröfsere Entfernungen hin erkennt, als wenn man nur einen Flecken hat.

Auf dem Grundbrette *G* befinden sich für diese verschiedenen Stromkreise 3 Paare von Klemmschrauben. Mittels des ersten Paares wird der Elektromagnet *M* in den Stromkreis eingeschaltet, in welchem sich der Uhrcontakt befindet; gleichzeitig ist in diesem Stromkreis, ein Stromschlüssel um den Apparat willkürlich in und aufser Thätigkeit zu setzen. Durch das zweite Paar wird der primäre Strom des Induktoriums zum Platincontakt *ps* geführt. Das dritte Paar verbindet Rohr *C* und Draht *D* mit den Polen des sekundären Stromes des Induktoriums[3]).

Als vorteilhafteste Methode, auf gröfsere Entfernungen sichtbare Flecken zu erzielen, habe ich gefunden, dafs man den Stärkekleister nicht zu dick, dagegen aber das Jodkalium recht conzentriert nimmt. Das Papier, auf welches der Kleister aufgetragen wird, mufs ungeleimt sein und vor dem Aufkleben gut durchfeuchtet werden.

3. Um mit diesem Apparat das erste Fallgesetz nachzuweisen, genügt, wie bei der Mönnichschen Fallmaschine und den fallenden Stimmgabeln, ein einziger Versuch: Man stelle den Teller des zwischen Draht und Rohr befindlichen Fallkörpers auf die durch die Stütze *S* getragene Klappe der Auslösevorrichtung, lege das gewählte Übergewicht auf, drehe das Rohr so, dafs dem Fallkörper gegenüber sich Papier befindet, stelle den Abhebetisch an das untere Ende der Latte *L*, gebe eventuell dem Wagnerschen Hammer einen kleinen Stofs, falls derselbe nicht von selbst in Schwingungen gerät, und schliefse den Stromschlüssel. Sobald der Uhrcontakt den ersten Stromkreis schliefst, wird der Elektromagnet *M* erregt und die Stütze *S* unter der Klappe hervorgezogen werden. Diese schlägt herunter und der Fallkörper setzt sich in Bewegung. Gleichzeitig aber wird durch den Contakt *ps* der zweite Stromkreis geschlossen, der Induktionsapparat erregt, und es springen zwischen Draht *D* und Rohr *C* über den Teller des Fallkörpers hinweg Funken über, welche auf dem Papier Flecke in der Höhe erzeugen, in welcher sich gerade der Teller des Fallkörpers befindet. Ist der Fallkörper unten angekommen, so öffnet man den Stromschlüssel.

Ehe man nun zu Ablesungen übergeht, ist es bei Demonstrationen vorteilhaft, den Versuch mit derselben Massenverteilung zu wiederholen, nachdem man das Rohr um einen kleinen Winkel gedreht hat. Man erhält dann neben der ersten Fleckenreihe eine zweite, welche zeigt, dafs der Fallkörper zu entsprechenden Zeiten sich in gleicher Höhe befindet. Die Fallstrecken sind also nicht zufällig, sondern bestimmte Funktionen der Massenverteilung.

Um die Fallstrecken abzulesen, benutzt man den Abhebetisch als Visier, indem man den dem Rohr zunächst liegenden Teil des Hartgummiringes dem obersten

---

[3]) Die Anfertigung dieser selbstschreibenden Atwoodschen Fallmaschine hat Herr Mechaniker Wittig in Greifswald übernommen.

Flecken jeder einzelnen Sekunde gegenüberstellt und an der Meſslatte dann die Entfernung vom Anfangspunkt abliest.

Das zweite Fallgesetz beweist man, indem man, wie bei der gewöhnlichen Atwoodschen Fallmaschine, den Abhebetisch so einstellt, daſs das Übergewicht gerade abgehoben wird, wenn der Teller des Fallkörpers sich in der Höhe des ersten Fleckens derjenigen Sekunde befindet, für welche man die Geschwindigkeit bestimmen will. Diese Einstellung erhält man sehr leicht, indem man mit der gewählten Massenverteilung den Fallkörper, ohne das Übergewicht abzuheben, herunterfallen läſst. Man stellt dann nach Abheben des Übergewichtes den Teller des Fallkörpers in der Höhe des ersten Fleckens der gewählten Sekunde ein und giebt dem Abhebetisch eine solche Stellung, daſs seine oberste Fläche mit der der obersten Messingscheibe des Fallkörpers in eine Ebene fällt. Stellt man nun den Fallversuch an, so wird das Übergewicht gerade an der richtigen Stelle abgehoben.

Ein solcher Versuch zeigt, daſs nach dem Abheben die Geschwindigkeit constant ist, und zwei oder mehrere mit gleicher Massenverteilung, aber verschiedener Stellung des Abhebetisches vorgenommene Versuche thun dar, daſs die Geschwindigkeit der Fallzeit proportional ist.

4. Ich gebe im Nachfolgenden einige Versuche, welche nicht nur die beiden Fallgesetze, sondern auch die Beziehungen zwischen Masse, Kraft und Beschleunigung demonstrieren.

Es bedeutet in Tabelle I, II und III

t die Zahl der Sekunden, welche seit Beginn des Falles vergangen sind,

s die Zahl der in dieser Zeit zurückgelegten cm,

$\gamma/_2 = s/t^2$ die der Zeit t und dem Wege s entsprechende halbe Beschleunigung,

$v_t = s_n - s_{n-1}$ die nach dem Abheben des Übergewichtes zur Zeit t vorhandene Geschwindigkeit,

M die bewegte Masse; dieselbe setzt sich zusammen aus der Masse T der beiden Teller und einer angegebenen Zahl von Scheibenpaaren a. $T = 36{,}266$ g, $a = 16{,}930$ g,

m die Masse des Übergewichtes,

$m_1 = 0{,}400$, $m_2 = 0{,}600$, $m_3 = 1{,}000$, $m_4 = 1{,}400$, $m_5 = 1{,}600$,

γ_n und ρ werden später erklärt werden.

Tabelle I.

$M = T + 3a$.

	m_4		m_3		m_2		m_1	
t	s	$\gamma/_2$	s	$\gamma/_2$	s	$\gamma/_2$	s	$\gamma/_2$
1	6,3	6,3	4,8	4,8	—	—	—	—
2	25,3	6,33	18,4	4,60	10,1	2,53	6,4	1,60
3	56,9	6,32	41,2	4,58	22,5	2,50	14,1	1,57
4	101,0	6,31	72,3	4,52	39,5	2,47	24,1	1,50
5	157,2	6,29	112,8	4,51	60,7	2,43	37,2	1,49
6			160,7	4,46	87,5	2,43	52,8	1,47
7					118,6	2,42	71,9	1,47
8					154,8	2,42	94,0	1,47
9					196,2	2,42	118,3	1,46
10							146,2	1,46
$\gamma_n/_2$	6,26		4,405		2,38		1,41	

Tabelle II.

$m_2 = 0{,}600.$

t	$T+3a$		$T+2a$		$T+a$		T	
	s	$\gamma/_2$	s	$\gamma/_2$	s	$\gamma/_2$	s	$\gamma/_2$
1	—	—	3,2	3,2	4,3	4,3	5,9	5,9
2	10,1	2,53	12,5	3,12	16,7	4,18	22,2	5,55
3	22,5	2,50	27,4	3,04	35,8	3,98	49,4	5,49
4	39,5	2,47	48,2	3,01	62,7	3,92	86,7	5,42
5	60,7	2,43	74,8	2,99	97,2	3,89	134,6	5,38
6	87,5	2,43	107,3	2,99	139,9	3,89	193,6	5,38
7	118,6	2,42	145,9	2,98	190,0	3,88		
8	154,8	2,42	189,6	2,97				
9	196,2	2,42						
$\gamma_n/_2$	2,38		2,91		3,76		5,27	

Tabelle III.

$M = T + 4a \qquad m_3 = 1{,}000.$

t	s	γ	s	v_3	ϱ	s	v_4	ϱ	s	v_5	ϱ
1	4,2	8,4	4,5			4,4			4,4		
2	16,5	8,25	17,2			16,7			16,9		
3	37,1	8,23	38,1			37,4			37,3		
4	64,3	8,04	62,4	24,3	1,7	64,8			65,0		
5	99,0	7,92	85,0	22,6	0,90	96,2	31,4	1,7	99,0		
6	141,1	7,72	107,5	22,5	1,03	125,9	29,7	0,85	137,5	38,5	1,5
7	191,6	7,80	128,7	21,2	0,83	155,6	29,7	0,90	174,5	37,0	1,25
8			149,7	21,0	1,10	184,3	28,7	1,05	210,5	36,0	
9			168,5	18,8	0,88	211,5	27,2				
10			187,5	19,0							

Aus diesen 11 Fallversuchen kann man nun folgende Schlüsse ziehen:

a) Aus I und II: $s = \gamma/_2\, t^2$, wo γ ein Constante ist.

b) Aus I: γ ist nahezu proportional dem Übergewicht; es ist der Reihe nach:

$$\gamma/m = 8{,}99, \quad 8{,}92, \quad 8{,}07, \quad 7{,}30.$$

c) Aus II: γ ist nahezu umgekehrt proportional $(M + m)$; es ist der Reihe nach:

$$\gamma \, . \, (M + m) = 424, \quad 421, \quad 418, \quad 397.$$

d) Aus III: Nach dem Abheben des Übergewichtes ist die Geschwindigkeit constant.

e) Aus III: Diese Geschwindigkeit ist proportional der bis zum Abheben verlaufenen Zeit; es ist

$$\frac{1}{3}\, v_3 = 8{,}10, \quad \frac{1}{4}\, v_4 = 7{,}85, \quad \frac{1}{5}\, v_5 = 7{,}70.$$

f) Aus III: Der Faktor dieser Proportionalität ist gleich der derselben Zeit entsprechenden Beschleunigung, das heifst $v = \gamma\, t$.

Diese Folgerungen lassen sich in die drei Gleichungen zusammenfassen:

$$1. \; s = \gamma/_2\, t^2 \qquad 2. \; v = \gamma\, t \qquad 3. \; \gamma = \frac{m}{M + m} \cdot g.$$

5. Die Tabellen lehren aber, dafs diese Gesetze nicht in voller Strenge gültig sind, sondern nur Annäherungen darstellen. Es ist jetzt zu untersuchen, wodurch diese Abweichungen bedingt sind.

Bezeichnen wir mit γ_m die durch das Übergewicht m gemäfs Gl. 3 bedingte Beschleunigung, so wirkt derselben die Reibung entgegen. Wir setzen die Reibung in erster Annäherung gleich einer constant wirkenden Kraft und erhalten dann als die für jeden Versuch normale Beschleunigung $\gamma_n = \gamma_m - r$. Durch Integration ergiebt sich daraus $v = \gamma_n t + a$ und schliefslich $s = \gamma_n/_2 t^2 + at$.

Die in den Tabellen unter $\gamma/_2$ stehenden Zahlen sind erhalten nach der Gleichung $\gamma/_2 = s/t^2$, es ist also

$$\gamma = \gamma_n + \frac{2a}{t} \quad \text{oder} \quad \gamma_n = \gamma - \frac{2a}{t},$$

d. h. die normale Beschleunigung ist der Grenzwert, welchem sich γ mit wachsender Zeit nähert. Die in den Tabellen unter γ_n aufgeführten Zahlen sind diese Grenzwerte; wie man sieht, unterscheiden sie sich nur sehr wenig von den letzten Werten von γ. Das Mittel sämtlicher Differenzen ist 0,063.

Der Grund für das Auftreten der Correktionsgröfse a ist der, dafs die Reibung nicht, wie angenommen, constant, sondern eine Funktion der Geschwindigkeit ist. Vielleicht läfst sich durch besondere passend angeordnete Versuche mittels dieser Fallmaschine die Art dieser noch unbekannten Funktion bestimmen. Ich habe in den weiteren Rechnungen, soweit nichts anderes angegeben, diese Grenzwerte benutzt.

Ebenfalls von der Reibung ist bedingt, dafs in Tabelle III die Geschwindigkeit nach dem Abheben des Übergewichtes nicht constant ist, sondern stetig abnimmt. Aus $\gamma_n = \gamma_m - r$ folgt durch Integration, da nach dem Abheben $\gamma_m = 0$ ist, $v = v_t - rt$, wo v_t die beim Abheben vorhandene Geschwindigkeit ist. Es mufs also, da r nicht zu Null gemacht werden kann, die Geschwindigkeit der Zeit proportional abnehmen.

Dafs die Correktion von r mit Hülfe der Geschwindigkeit a nur eine Annäherung sein kann, welche den Thatsachen nicht entspricht, geht daraus hervor, dafs, wie Folgerung e) zeigt, die nach $\gamma = v/t$ berechnete Beschleunigung genau mit der nach $\gamma = \frac{2s}{t^2}$ für dieselbe Zeit berechneten übereinstimmt; es mufs also die Änderung der Reibung mit der Geschwindigkeit stetig erfolgen und nicht nur beim Übergang aus der Ruhe in die Bewegung. Der durch diese Ungenauigkeit der Correktion bedingte Fehler ist aber so klein, dafs wir ihn vollständig vernachlässigen dürfen.

Gl. 3: $\gamma_m = \frac{m}{M+m} \cdot g$ darf aus doppeltem Grunde nur angenähert gelten: einmal ist, wie eben auseinandergesetzt, $\gamma_n = \gamma_m - r$, wo r nicht gegen γ_m unendlich klein ist. Andererseits mufs zur bewegten Masse noch ein von der Masse des Fadenrades herrührendes Glied kommen; bezeichnen wir dieses mit τ, so ist also

$$\gamma_n = \frac{m}{M+m+\tau} g - r.$$

Da τ und r zunächst noch unbekannt sind, so kann man diese Gleichung nicht prüfen, wohl aber umgekehrt aus ihrer Abweichung von der einfacheren Form r und τ berechnen.

Ich habe diese Rechnung an einem gröfseren Beobachtungsmaterial durchgeführt und dabei angenommen, die Reibung sei proportional der auf der Achse des Fadenrades ruhenden Masse, sodafs die Grundgleichung der Dynamik wird:

$$4. \quad (M + m + \tau)\,\gamma = m\,g - (M + m + R)\,\varrho,$$

wo $R = 19{,}67$ die Masse des Fadenrades ist.

Nach dieser Gleichung habe ich g, τ und ρ aus den in Tabelle IV angegebenen Werten von γ_n berechnet.

Tabelle IV.

	m_4	m_3	m_2	m_1
$T+3a$	12,52	8,81	4,76	2,82
$T+2a$	15,08	10,52	5,84	3,52
$T+a$	19,16	13,40	7,52	4,62
T	25,94	18,54	10,54	6,60

Mit den oben angegebenen Werten für m, T und a erhält man aus diesen Zahlen

$$g = 1046 \quad \varrho = 1{,}19 \quad \tau = 17{,}23.$$

Die Tabelle liefert also einen bis auf 6% genauen Wert der Gravitationsconstanten. Eine ähnliche Genauigkeit dürfte ρ beanspruchen, während die von τ viel geringer ist, da τ als Summand neben bedeutend gröfseren Werten auftritt.

6. Um zu prüfen, ob der Apparat auch ausreicht, andere Gesetze experimentell zu verifizieren, habe ich das Gesetz, welches den Einflufs des Fadenrades, also τ, bestimmt, untersucht. Es ist bekanntlich $\tau = \frac{1}{R^2} . \Sigma m r^2$, wo $\Sigma m r^2$ das Trägheitsmoment des Fadenrades ist und R der Radius desselben an der Stelle, an welcher der Faden aufliegt. Da das Fadenrad, um es recht leicht zu machen, eine mathematisch sehr verwickelte Gestalt hat, so habe ich auf die Achse desselben 1 oder 2 Messingscheiben fest aufgesteckt, deren Gewicht 107,01 bezw. 107,55 und deren Radius $r = 5{,}74$ war. Damit wurden die in Tabelle V gegebenen Werte der Beschleunigung erhalten.

Tabelle V.

	m_2	m_3	m_4	m_5
$T+2S+3a$		3,72	5,38	6,20
$T+2S$		5,26	8,50	10,58
$T+S+a$	3,14	5,32	8,16	9,44
$T+S$	4,94	8,28	12,60	14,44

Führt man diese Werte in Gl. 4 ein, indem man setzt $\tau = \frac{1}{2} S . \frac{r^2}{R^2} + \tau'$, wo τ' der Einflufs des eigentlichen Fadenrades und S die Masse der 2 bezw. 1 aufgesteckten Messingscheiben ist, so erhält man

$$g = 1000 \quad \varrho = 0{,}809 \quad \tau' = 7{,}98.$$

Der Wert von g stimmt bis auf 2%. Der Wert von ρ ist hier ziemlich bedeutend kleiner, da ich unmittelbar vor dem Beginn der Versuche die Achse des Fadenrades sowohl, wie auch den Rand der Friktionsrädchen kräftig mit einem Öllappen poliert hatte, während bei den anderen Versuchen die Achse nicht gefettet war.

7. Der wesentliche Zweck des Apparates soll aber die Demonstration der Fallgesetze sein, deshalb mufs man aus einer geringen Zahl von Beobachtungen schneller und einfacher, als oben geschehen, die Gravitationsconstante hinreichend genau berechnen können.

Aus Gl. 4 erhält man

$$\gamma = \frac{m}{M+m+\tau} g - \left(1 + \frac{R-\tau}{M+m+\tau}\right) \varrho.$$

Da bei einem recht leicht gebauten Fadenrade nahezu die Hälfte der Masse im Radkranz sitzt, so darf man setzen $\tau = R/2$. Ist R hinreichend klein gegen $M+m$, so ist $\frac{R-\tau}{M+m+\tau} = \frac{R/2}{M+m+R/2}$ im Faktor von ρ gegen 1 zu vernachlässigen und man erhält

$$5. \quad g = \frac{M + m + R/2}{m} (\gamma + \varrho).$$

In dieser Gleichung ist ρ noch unbekannt. Man erhält dasselbe aus Tabelle III. Dort ist die Geschwindigkeit nach dem Abheben des Übergewichtes nicht constant, sondern nimmt proportional der Zeit ab, und man erhält aus der für diese Abnahme gegebenen Formel $r = \frac{v_t - v}{t}$. Für die soeben besprochene Annäherung fällt r mit ρ zusammen. Die so berechneten Werte sind unter ρ in Tabelle III angegeben. Dieselben sind nicht constant, schwanken aber unregelmäfsig um einen Mittelwert $\rho = 1{,}17$, welcher mit dem oben gefundenen $\rho = 1{,}19$ fast genau zusammenfällt.

Setzt man diesen Wert für ρ in Gl. 5 ein, so ergeben die 4 Versuche der Tabelle I folgende Werte für g: 965,1, 987,7, 976,5, 994,8, deren Mittelwert 981,0 fast absolut mit dem richtigen Wert von g übereinstimmt.

Diese selbstschreibende Atwoodsche Fallmaschine gestattet also mit 11 sehr schnell und einfach anzustellenden Fallversuchen nicht nur die beiden Galileischen Fallgesetze, die Beziehungen zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung und die Gesetze der Reibung zu demonstrieren, sondern sie liefert auch durch dieselben Versuche die Gravitationsconstante mit einer für Vorlesungszwecke ausreichenden Genauigkeit.

Magnetische und galvanische Mefsversuche.

Von

H. Kuhfahl in Landsberg a. W.

1. Das Coulombsche Gesetz für Magnetismus.

Das Vertikalgalvanometer kann recht gut verwendet werden, wenn man vor einem gröfseren Schülerkreise das Coulombsche Gesetz beweisen will. Man klebt auf die Glasplatte, vor der der Zeiger spielt, eine horizontale Skala, deren Nullpunkt mit der Drehungsachse des Magneten in einer Vertikalebene liegt (s. Fig. 1). Der untere Rand der Skala ist in gleiche Stücke geteilt, die Teilstriche laufen alle auf jene Achse zu. Senkrecht über der Mitte des Magneten ist auf dem Deckel des Galvanometers ein Vertikalmafsstab befestigt, dessen cm-Teilung von jener Stelle ab rechnet. Die Wagevorrichtung wird ziemlich empfindlich eingestellt und so korrigiert, dafs der Zeiger möglichst nahe dem Nullpunkte der Skala steht. Die genaue Einstellung bewirkt man durch Verschiebung eines kleinen vertikal stehenden Hülfsmagneten — eines in einen Kork gesteckten Stricknadelstückes — neben dem Instrument. Nun führt man den einen Pol eines etwa 1 m langen magnetisierten Stahldrahtes in horizontaler Stellung an dem Vertikalmafsstab herab, bis der Ausschlag einen Skalenteil beträgt. Nähert man den Pol dem Wagemagneten bis auf die halbe Entfernung, so ist der Ausschlag der vierfache. Die Kraftwirkung ist also umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung.

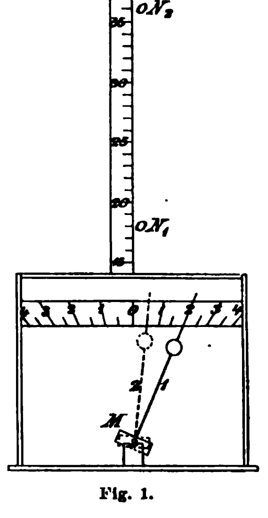


Fig. 1.

2. Die magnetische Feldstärke im Mittelpunkte eines Kreisstromes.

Auf einem horizontal gestellten Brette sind zwei conzentrische Kreise von etwa 12 und 24 cm Radius gezeichnet, ev. durch Holzpflöcke markiert. Man stellt das

Vertikalgalvanometer so auf das Brett, dafs die Mitte des Magneten senkrecht über dem Mittelpunkte beider Kreise steht. Will man genauer verfahren, so schneidet man in das Brett ein Loch und senkt den Apparat so tief ein, dafs der Magnet sich im Niveau des Brettes befindet. Meist liegt aber die Achse des Magneten so wenig hoch, dafs diese Vorsichtsmafsregel unnötig ist. Dann macht man aus nicht zu starkem übersponnenen Kupferdraht einen Ring von 24 cm Radius, dreht die Enden zusammen und verbindet sie mit einem frisch gefüllten Tauchelemente. Das Galvanometer wird justiert wie bei dem vorigen Versuche. Nun legt man den Ring auf den grofsen Kreis und reguliert die Stromstärke durch die Tiefe des Eintauchens, bis der Ausschlag einen Skalenteil beträgt. Bildet man aus dem Ringe einen Doppelring und legt ihn auf den kleinen Kreis, so ist der Ausschlag der vierfache. Macht man ferner aus der Hälfte des Drahtes einen kleinen Ring für den kleinen Kreis, so giebt der Zeiger zwei Skalenteile an. Schliefslich kann man diesen Ring mit einem gleichen aus anderem Material, der schon vorher in den Stromkreis mit eingeschaltet war, vertauschen: die Ablenkung bleibt dieselbe. Damit ist bewiesen, dafs die magnetische Feldstärke in der Mitte eines Kreisstromes proportional der Länge, umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung und unabhängig von dem Material des Leiters ist.

Da vielleicht ein Zweifel entstehen könnte, ob der Einflufs des Erdmagnetismus und des Richtmagneten in jeder Stellung compensiert wird, sei hier die Rechnung durchgeführt. Es sei die Feldstärke des ablenkenden Magneten bzw. des Stromes K, die Länge der Nadel l, ihre magnetischen Massen $\pm m$, der Ablenkungswinkel α (s. Fig. 2), so ist das Drehungsmoment $Km \,.\, l \cos\alpha$. Die Feldstärke des Erdmagnetismus und des Richtmagneten zusammen, projiziert auf die Drehungsebene, sei H und bilde mit der Vertikalen den Winkel φ, dann ist das Drehungsmoment der Vertikalcomponente $H \cos\varphi\, m \,.\, l \cos\alpha$, der Horizontalcomponente $H \cos\varphi\, m \,.\, l \sin\alpha$. Durch die Fahne oder die Correktionsschraube sei die Masse q um die Strecke a seitlich in der Richtung von l verschoben, so ist ihr Drehungsmoment $-qg \,.\, a \cos\alpha$. Die übrige Masse der Nadel p habe ihren Schwerpunkt um d von der Drehachse entfernt, ihr Drehungsmoment ist $-pg \,.\, d \sin\alpha$. Es folgt also

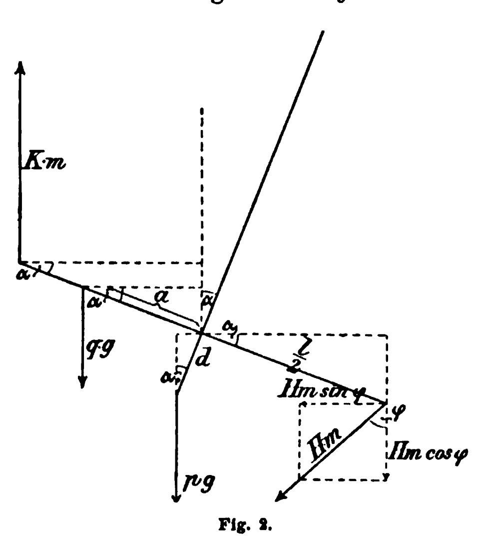


Fig. 2.

$$Kml \cos\alpha + H \cos\varphi\, ml \cos\alpha + H \sin\varphi\, ml \sin\alpha - qga \cos\alpha - pgd \sin\alpha = 0$$

und, da für $K = 0$ auch $\alpha = 0$ ist,

$$H \cos\varphi\, ml - qga = 0,$$

also

$$K = \frac{pgd - H \sin\varphi\, ml}{ml} \operatorname{tg}\alpha.$$

Es wird daher H bei jeder Ablenkung durch q und einen Teil von p compensiert, vorausgesetzt natürlich, dafs diese Kraft für den Bereich der Nadel als constant nach Gröfse und Richtung angesehen werden darf.

Schliefslich möchte ich noch darauf aufmerksam machen, dafs es sich der Genauigkeit wegen empfiehlt, hier wie bei dem Coulombschen Gesetze die Messung mit der gröfsten Ablenkung zuerst zu machen.

3. Experimentelle Bestimmung der Arbeit des elektrischen Stromes nach absolutem Mafse.

An einem kleinen, auf einem Stativ befestigten Motor wird der Stromkreis des Feldmagneten von dem des Ankers getrennt und in den ersteren eine kleine Batterie von constanten Elementen eingeschaltet, während der zweite zu einem Strommesser führt. An der verlängerten Achse des Ankers wird ein dünner Seidenfaden befestigt und in einfacher Lage aufgewickelt; an seinem freien Ende hängt eine Wagschale. Man schliefst beide Stromkreise und belastet die Wagschale so, dafs sie sich mit mäfsiger Geschwindigkeit abwärts bewegt und dadurch den Anker in Drehung versetzt. Es entsteht in der Ankerwickelung ein Strom, dessen Stärke $= i$ A man an dem Strommesser abliest. Die Zeit, in der die Wagschale s cm zurücklegt, sei t sek. Öffnet man nun den Stromkreis des Ankers, während der des Feldmagneten geschlossen bleibt, und wiederholt den Versuch, so mufs man das Gewicht auf der Wagschale um p g vermindern, um dieselbe Geschwindigkeit wie früher zu erhalten. Die Arbeit der p g Übergewicht hatte sich bei dem ersten Versuch in Stromarbeit umgesetzt. Der Widerstand des Ankerstromkreises sei $r\ \Omega$, dann ist diese Arbeit

$$i^2 \,.\, r \,.\, t \text{ Volt-Coulomb} = p \,.\, s \,.\, 981 \text{ abs. Einh.},$$

also

$$1 \text{ V.-Cb.} = \frac{p \,.\, s \,.\, 981}{i^2 \,.\, r \,.\, t} \text{ abs. Einh.}$$

Bei der letzten Messung im Unterricht war

$$p = 78 \text{ g}, \quad s = 100 \text{ cm}, \quad i = 0{,}19 \,.\, \text{tg}\, 34^0 \text{ A},$$

$$r = \frac{60}{41}\,\Omega = 1{,}462\,\Omega, \quad t = 32 \text{ sek.}$$

Daraus berechnet sich

$$1 \text{ V.-Cb.} = 0{,}995 \,.\, 10^7 \text{ abs. Einh.}$$

Nicht jedes Mal war die Abweichung vom genauen Werte so gering, doch hielt sie sich stets innerhalb der Grenzen von wenigen Prozenten.

Als Motor benutze ich den kleinen Apparat von Ernecke für die elektrische Eisenbahn. Der Doppel-T-Anker mit massivem Eisenkerne ist aber wenig geeignet, da die Stromstärke bei dem langsamen Gange der Maschine zu sehr schwankt und die Foucaultschen Ströme eine unnötig grofse Belastung der Wagschale veranlassen. Ich habe ihn von J. C. Hauptmann in Leipzig durch einen ausgezeichnet gearbeiteten kreuzförmigen Anker ersetzen lassen, dessen Eisenkern aus Platten zusammengesetzt ist. Trotzdem sind auch noch bei diesem die schädlichen Nebenwirkungen ziemlich bedeutend. Während der Motor bei dem Versuche mit geöffnetem Ankerstromkreise noch 142 g Belastung einschliefslich der Wagschale erforderte, lief er, als auch der Stromkreis des Feldmagneten geöffnet wurde, schon bei 40 g. Unsere zweite Messung eliminiert diese Wirkungen zugleich mit der Reibung. Um einen gleichmäfsigen Gang der Maschine zu erzielen, ist es vorteilhaft, das Trägheitsmoment des Ankers zu vergröfsern. Es genügt dazu schon der der Maschine beigegebene Stab zur Befestigung Geifslerscher Röhren. Die passende Belastung mufs man durch mehrfaches Probieren ermitteln. Bei dem Beginn des entscheidenden Versuches giebt man dem Anker von der Hand annähernd die richtige Geschwindigkeit. Der Fallraum wird durch den Fufsboden oder sonst irgendwie begrenzt und vor dem Versuche gemessen, das Aufschlagen der Wagschale markiert den Endpunkt der Zeit. Die Bürsten müssen recht elastisch und ziemlich lang sein, damit ihre Reibung gleichmäfsig und

nicht zu grofs sei. Ich habe ihnen daher die Form eines *v* gegeben. Wenn alles gut vorbereitet ist, kann der Versuch mit allen Erklärungen und Berechnungen bequem in einer Unterrichtsstunde erledigt werden.

Hat man nun noch 1 A in absoluten Einheiten bestimmt, so kann man leicht hieraus die entsprechenden Werte für 1 Ω und 1 V ableiten.

Freihandversuche[1]).

Von

Prof. Dr. **B. Schwalbe** in Berlin.

Eine kurze Darstellung meines Vortrages über Freihandexperimente, gehalten auf der Naturforscherversammlung zu Frankfurt a. M. in der Sektion für mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht, ist bereits von mir veröffentlicht (vgl. auch diese Zeitschr. *1897 Heft II, S. 108*). Im Anschlusse daran soll im nachstehenden ein Beispiel, die Versuche mit kohlensaurem Wasser betreffend, gegeben werden.

Für den physikalischen und chemischen Unterricht an den höheren Lehranstalten liegt jetzt die grofse Gefahr vor, dafs bei den erstaunlichen Errungenschaften der Wissenschaften und dem grofsen Einflufs der Technik man versucht ist, den Schülern nur das Neue mitzuteilen, dafs man den Zweck, eine sichere Grundlage der Wissenschaft zu geben, auf welcher ein Verständnis sich aufbauen läfst, encyklopädischen Mitteilungen zu liebe verläfst, dafs man verkennt, wie naturwissenschaftliches Erkennen nur durch Denken und Arbeit gewonnen werden kann, und nicht bedenkt, wie die Erregung von Neugier und Interesse einer Halbbildung Vorschub leistet und abstumpfend wirkt. Schon einmal ist der naturwissenschaftliche Unterricht in einer ähnlichen Epoche Ende des vorigen Jahrhunderts hieran gescheitert.

Für die elementaren Schulen fehlen die Vorbedingungen zu einer gedeihlichen Entwicklung naturwissenschaftlicher Unterweisung fast gänzlich, die Vorbildung der Lehrer müfste vervollkommnet werden, wenigstens einige Hülfsmittel müfsten beschafft werden, und hier einen geeigneten Weg zu zeigen, der ohne eingreifende Umänderungen und grofse Erhöhung der Anforderungen begangen werden kann, war eigentlich der Hauptzweck meines in Frankfurt a. M. gehaltenen Vortrages. Wenn das Denken an dem Beobachteten geübt und die Erfahrung der Jugend zu Hülfe genommen wird, sollte da nicht der naturwissenschaftliche Unterricht in den Volksschulen unserer kleineren Städte und Ortschaften noch in ganz anderer Weise als bisher segenbringend wirken können?

Bei den Experimenten wird vorausgesetzt, dafs die gewöhnlichsten Handwerkszeuge, einige Gläser, Korke und Gegenstände, die in jedem Haushalte gebraucht werden, vorhanden sind. Was zu beschaffen wäre, ist eine Spirituslampe und einige Glasröhren, eine Glasfeile (Rundfeile und Dreikantfeile), die sich aber auch häufig im Haushalte finden. Siegellack, Wachs oder irgend ein Harz oder Fett und sonstige Materialien sind überall zur Hand. Die gesamten Materialien verursachen so wenig Kosten, dafs dieselben von jeder Schule aufgewandt werden können, die Vorbereitungen nehmen nur die Zeit des Lehrenden in Anspruch, werden ihm selbst aber Freude machen, wenn er sieht, wie die Jugend dem gebotenen Stoffe gegenübertritt. Denke ich doch gern an die Stunden zurück, wo ich auf früher Klassenstufe Versuche in dieser Richtung gemacht habe. Die Beobachtung der Schüler anderseits ist auf jedes einzelne Thun des Lehrers zu lenken, denn jede Manipulation ist ein Experiment, sie hat den Zweck, Bedingungen herbeizuführen, unter denen eine bestimmte Erscheinung stattfindet, und aus diesen Bedingungen bestimmte Schlüsse ziehen zu lassen.

[1]) Auszug aus einem in den „Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturwissenschaften" 1897 No. 1 und 3 veröffentlichten Aufsatz.

Versuche mit Sodawasser[1]).

1. Der Verschlufs bei verschiedenen Flaschen, sowie das Aussehen des Wassers (man wähle möglichst farblose Glasflaschen) wird beschrieben, die Erscheinungen, welche beim Öffnen eintreten, werden beobachtet (Explosion, Aufbrausen und Perlen der Flüssigkeit). Zum Vergleich ist eine ebenso geschlossene Flasche mit gewöhnlichem Wasser zur Hand. — Abnahme des Perlens beim Verschliefsen der Flasche.

2. Man giefst in ein gewöhnliches, nicht zu weites Wasserglas (Becherglas) Sodawasser fast bis zur Hälfte. Ein brennendes Licht an einem gebogenen Draht hineingehalten, so dafs die Flamme ungefähr 3 cm über der Wasseroberfläche ist, erlischt, während es über gewöhnlichem Wasser ruhig weiter brennt. Man kann auch die Mündung der geöffneten Flasche, nachdem das stürmische Aufbrausen vorüber ist, einem brennenden Licht nähern, dasselbe erlischt; bringt man die Mündung in die Zugöffnungen einer Petroleumlampe, so brennt die Flamme dunkler.

Es hat sich ein Gas entwickelt, welches die Verbrennung nicht unterhält — Kohlensäure.

3. Man fülle einen Bierbecher (Glas) zur Hälfte mit Sodawasser, halte vertikal ein hellbrennendes Streichholz, die Flamme nach oben und neige das Glas der Flamme zu; ehe das Wasser den Rand berührt, erlischt die Flamme; das Gas, welches über dem Wasser sich befand, ist über den Rand herausgeflossen, es ist schwerer als die Luft, was auch daraus hervorgeht, dafs die Kohlensäure über dem Wasser längere Zeit angesammelt bleibt; durch die Kerze läfst sich die ungefähre Grenze sichtbar machen. Als Gegenprobe kann man dieselben Versuche mit gewöhnlichem Wasser anstellen. — Die Kohlensäure ist $1\frac{1}{2}$mal schwerer als die gleiche Raummenge (Volum) Luft.

4. Entweichen des Gases; Lösung der Kohlensäure. Man setzt einen Kork mit ʃ-förmig gebogenem Glasrohr *AO* auf die eben geöffnete Flasche, die Mündung *O* taucht unter Wasser. (Die Flaschen haben fast sämtlich gleich weite Öffnungen, so dafs die Korke schon vorher bereit gemacht werden können und sich immer wieder verwenden lassen.) Über die Öffnung *O* stülpt man ein mit Wasser gefülltes Glas (Bechergläschen, Reagenzgläschen), ersteres kann man mit einer gewöhnlichen Glasplatte, letzteres mit dem Finger abschliefsen und umkehren; (die Wirkung des Luftdruckes auf die Wasseroberfläche, der die Wassersäule im Glase zurückhält, ist schon früher demonstriert) die entweichenden Gasblasen füllen das Glas an, man schliefst, kehrt um und weist wie früher die Kohlensäure nach. Man füllt ein Probierglas nur knapp bis zur Hälfte, schliefst dies mit dem Finger und schüttelt: man bemerkt ein Ansaugen, die Kohlensäure hat sich wieder gelöst, ist von dem Wasser aufgenommen. Beim schwachen Erwärmen entweicht die Kohlensäure. Zum Nachweis kann man anstatt der Kerze auch einen glimmenden Holzspahn (beim Glimmen findet noch eine schwache Verbrennung statt) benutzen, der über Wasser, aus dem Kohlensäure entweicht, erlischt.

Um einen andauernden Gasstrom zu erhalten, stellt man die Flasche mit Sodawasser in warmes Wasser. Hat man bei einer leeren Flasche den Inhalt bestimmt und fängt in einem Gefäfse, das ungefähr den 2—3fachen Inhalt hat, von Anfang an die entweichende Kohlensäure auf, so sieht man, dafs in dem Wasser das 1—2fache der Raummenge (des Volums) entweicht. Dabei wird sich schwer vermeiden lassen, dafs gleich nach dem Öffnen etwas Kohlensäure, die nicht aufgefangen wird, entweicht.

Läfst man das Sodawasser in derselben Weise lange Zeit stehen, so bemerkt man, dafs die Gasentwicklung sehr lange Zeit andauert.

Prüfung des Geschmacks: schwach säuerlich, des Geruchs: geruchlos. Das Prickeln wird durch emporgeschleuderte Tröpfchen hervorgebracht. — Die entweichenden Gasblasen sind kugelförmig; häufig findet die Bläschenentwicklung von bestimmten Punkten aus statt.

[1]) Da die zu erörternden Thatsachen allgemein bekannt sind, ebenso wie die Gegenstände, welche bei der Betrachtung sonst herangezogen werden können, so ist hier eine aphoristische Darstellungsweise gewählt, bei der mehr die methodische Seite hervortreten soll.

Zusammenfassung: Das Sodawasser ist eine Auflösung von Kohlensäure in Wasser, es enthält mehr Kohlensäure, als das Wasser bei gewöhnlichen Verhältnissen aufzunehmen vermag. Daher übt die Kohlensäure, welche zu entweichen bestrebt ist, einen Druck aus, sie entweicht zu Anfang stürmisch (Aufbrausen). Da beim Erwärmen das Gas schliefslich vollständig entweicht, löst es sich in höherer Temperatur weniger als bei gewöhnlicher.

Erweiterung: Das Aufschäumen (Mussieren) wird bei vielen Getränken wahrgenommen. Bier, Weifsbier. Die Versuche, welche den Nachweis liefern, dafs dies durch entweichende Kohlensäure hervorgebracht ist, können wiederholt werden.

Schlufs in Beziehung auf das Wasser: Das Wasser löst Gase in ganz bestimmten Mengen auf. Gesetz der Lösung.

5. Man setze auf die Flasche einen Kork, durch dessen Durchbohrung ein zu einer Spitze ausgezogenes Glasrohr so hindurchgesteckt ist, dafs das Rohr bis auf den Boden reicht. Das Sodawasser wird durch den Druck der Kohlensäure springbrunnenartig vollständig herausgetrieben und ein Kohlensäurestrahl folgt nach. Das herausspringende Wasser ist mit Gasblasen reichlich erfüllt. Den Verschlufs der Spitze bewirkt man mit einem kurzen Schlauch, in dem ein Stückchen Glasstab sitzt, oder durch einen Wachsknopf. Biegt man den herausragenden Teil der Röhre um, so kann man das nun herausgeprefste Wasser auf fangen (Siphon). Noch besser verbindet man eine Flasche mit gewöhnlichem Wasser (*B*) das mit etwas Tinte gefärbt ist, durch ein zweimal rechtwinklig gebogenes Rohr, dessen Enden weder das Sodawasser (in *A*) noch das Niveau (die Oberfläche) des gefärbten Wassers berühren. Der Kork der Flasche mit Wasser (*B*) besitzt eine zweite Durchbohrung, durch welche man verschiedene Röhren dicht anschliefsend einführen kann. Bringt man ein rechtwinklig gebogenes, zur Spitze ausgezogenes Rohr, dessen eintauchendes Ende bis auf den Boden des gefärbten Wassers reicht, hindurch, so wird das Wasser hinausgeprefst, die Entfernung, bis zu welcher der Strahl geworfen wird, nimmt später ab; nimmt man Sodawasser, aus dem schon etwas Kohlensäure entwichen ist, und steckt ein langes Rohr durch den Kork von *B*, so wird das Wasser nicht mehr so hoch emporgetrieben, wie wenn man den Versuch mit frischem Wasser macht; man sieht auch, dafs die Wassersäule sinkt, wenn man nach mehrmaligem Öffnen des Verschlusses der Flasche *A* die Verbindung wieder herstellt. Zweckmäfsig schneidet man das Verbindungsrohr zwischen beiden Flaschen durch und verbindet mit etwas Kautschukschlauch; man kann dann leicht den Verschlufs in der oben angegebenen Weise herstellen. Durch die gehobene Wassersäule kann man den Druck der Kohlensäure messen und zeigen, wie sich derselbe in Gramm resp. Kilogramm ausdrücken läfst (Manometer) — Springbrunnen, Spritzflasche, Heronsball, Windkessel. — Durch Erwärmen der Sodawasser-Flasche *A* (durch Hineinstellen in lauwarmes Wasser) kann man die Erscheinungen verstärken, die sich übrigens noch mannigfach abändern lassen.

6. Man fülle ein Reagenzgläschen bis gut ein Drittel mit frischem Sodawasser, schliefse mit einem Kork, der nicht zu fest aufgesetzt werden darf, und erhitze das Gläschen: der Kork wird unter Explosion herausgeschleudert. — Erklärung der Explosion. Heranziehung anderer Beispiele, Hinweis auf die Erfordernisse für Gefäfse, welche Gase mit starken Spannungen enthalten. Einrichtung der Sodawasserflaschen. Bedingungen für längere Aufbewahrung.

Mitteilung über die Herstellung des Sodawassers, Name, natürliches Selterswasser. Herstellung in Krügen in früherer Zeit, jetzige Darstellung im grossen. — Die Herstellung selbst soll hier nicht weiter beschrieben werden, man benutzt ja dazu jetzt vielfach die bekannten Kohlensäurebomben. Es ist auch nicht erforderlich, dafs bei den Elementen der Chemie und Physik die Technik in maschineller Beziehung berücksichtigt wird, da die im grofsen angewendeten Maschinen zu compliziert sind für das Verständnis unserer Jugend von 12—16 Jahren. Es genügt die Mitteilung, dafs das Sodawasser dadurch erhalten wird, dafs Kohlensäure unter hohem Druck in reines Wasser geprefst wird. Um im kleinen einen Anhalt zu geben, geht man vom Namen aus; man zeigt, dafs in der Soda Kohlensäure enthalten ist. Man übergiefst Soda mit etwas Essigsäure im Bechergläschen, Aufbrausen, Nachweis der Kohlensäure. Um Sodawasser zu erhalten, nimmt man eine Flasche mit Deckel-

haken- (Patent-) Verschlufs, wie er jetzt gebräuchlich ist, bringt etwas doppeltkohlensaures Natron, gemischt mit der jetzt billigen Citronen- oder Weinsäure, in die ziemlich gefüllte Flasche, schliefst und schüttelt mehrmals: man erhält so ein mussierendes Getränk. Die Kohlensäure, welche am Entweichen gehindert ist, wird durch den dadurch entstehenden Druck in das Wasser geprefst und gelöst. Die Verhältnisse, die man zu nehmen hat, sind leicht zu berechnen, da 1 g des Salzes ungefähr 270 ccm Kohlensäure giebt. Natürlich kann man hier Anschlufsversuche mit doppeltkohlensaurem Natron (im gew. Leben oft Natrum, Natron u. s. w. genannt), (Entweichen der Kohlensäure beim Erwärmen, Aufbrausen mit Säuren, Lösen in reinem Wasser u. s. f. anstellen.

Hygienische Hinweise: Wirkung des doppeltkohlensauren Natrons als Heilmittel — Brausepulver (Gemisch von 10 Gewichtsteilen doppeltkohlensaures Natron, 9 Teilen Weinsäure und 19 Teilen Zucker); auch Seidlitzpulver ist doppeltkohlensaures Natron.

Anwendungen des Materials: Entsäuern von Bier, Herstellung anderer mussierender Getränke, die früheren Gaskrüge.

7. Adhäsionserscheinungen: Läfst man frisch eingegossenes Sodawasser ruhig stehen, so bemerkt man, dafs das Aufbrausen bald nachläfst und nur noch einzelne Blasen namentlich von den Wänden aus entweichen. Die Kohlensäure ist im Wasser gelöst; dies ist nur dadurch möglich, dafs die Teilchen des Wassers die des Gases festhalten, so dafs das Ganze als eine Flüssigkeit erscheint, es mufs also eine Ursache, eine Kraft, vorhanden sein, die man als Kraft des Aneinanderhaftens der Teilchen (Adhäsion) bezeichnen kann; man kann dies auch so ausdrücken: das Wasser hat für die Gase eine aufnehmende Kraft (absorbiert das Gas). Eine bestimmte Menge Wasser vermag nur ein bestimmtes Volum eines Gases aufzunehmen (bei gewöhnlicher Temperatur und den gewöhnlichen Druckverhältnissen nimmt 1 Liter Wasser 1 Liter Kohlensäure auf, bei einem viermal so grofsen Druck 4 Liter). Die unter hohem Druck in das Sodawasser geprefste Kohlensäure entweicht nicht auf einmal, es bedarf einer gewissen Zeit, bis so viel Kohlensäure entwichen ist, dafs nur die bei gewöhnlichen Verhältnissen lösbare Menge zurückbleibt. Nach längerer Zeit hat sich dieser Vorgang vollzogen, das Sodawasser ist abgestanden.

Viel schneller aber geht diese Trennung von Kohlensäure und Wasser vor sich, wenn irgend ein Körper hineingebracht wird, der zu den Wasserteilchen eine gröfsere Adhäsion besitzt als die Kohlensäure. Viele feste Körper lösen sich in Wasser leicht auf; diese Lösung erklärt sich ähnlich wie bei der Kohlensäure: die Wasserteilchen vereinigen sich mit den Teilchen des festen löslichen Körpers, die Kohlensäure entweicht, es entsteht eine lebhaftere Gasentwicklung, die, wenn sie sehr reichlich erfolgt, als Aufbrausen bezeichnet wird; auch Körper, die Hohlräume enthalten, welche Luft einschliefsen, poröse Körper, wirken in ähnlicher Weise: die festen Körper werden benetzt und das Wasser entläfst die Kohlensäure, da die Teilchen der festen Körper, auch wenn sie nicht löslich sind, Adhäsion zu den Wasserteilchen haben; die entweichenden Bläschen der verdrängten Luft wirken begünstigend auf die Trennung der Kohlensäure vom Wasser. Noch erhöht wird die Wirkung, wenn eine möglichst vielfache und schnelle Berührung (Umrühren, gröfsere Mengen des Körpers) erfolgt und die Körper die beiden genannten Haupteigenschaften vereinigen (gepulverter Zucker) oder in einem Zustande sind, dafs die eine der beiden Eigenschaften besonders schnell zur Geltung kommt. (Wirkung stark zuckerhaltiger Säfte, Himbeersaft, Ingwersaft etc.)

8. Versuche über das Aufbrausen. Der Druck, den die Kohlensäure nach dem Öffnen der Flasche ausübt, beträgt ungefähr noch eine Atmosphäre Überdruck (manometrisch gemessen), und dieser Druck hält noch eine ganze Zeit vor, so dafs selbst beim Stehen anfänglich das Wasser noch mehr Kohlensäure gelöst enthält, als den gewöhnlichen Verhältnissen entspricht, die Lösung ist übersättigt. Auf diese Lösung wirken nun die Substanzen in der eben beschriebenen Weise ein. Zu jedem Versuche ist nur eine kleine Menge kohlensäurehaltiges Wasser notwendig. — Folgende Gruppen von Versuchen können leicht unterschieden werden: Flüssige Substanzen, die sich leicht mit Wasser mischen, bringen ein lebhaftes Aufbrausen hervor (Alkohol, Glycerin). — Flüssigkeiten, die sich fast gar nicht mit

Wasser mischen, erzeugen kein Aufbrausen (Öl, Terpentinöl, Schwefelkohlenstoff). — Salze, die sich in Wasser lösen, bringen in gepulvertem oder fein zerteiltem oder krystallisiertem Zustande lebhaftes Aufbrausen hervor, indem sie sich lösen. Werden sie in compakten Krystallen angewendet, so findet eine Gasentwicklung nur von der Oberfläche der Krystalle aus statt (Versuche mit Salz, Salmiak, mit Krystallen von Steinsalz, Kandis u. s. w.). — Alle porösen Körper, die benetzt werden, bringen ebenso wie die pulverförmigen lebhaftes Aufbrausen hervor, gleichviel, ob sie löslich sind oder nicht (Versuche mit Sand, Glaspulver, Kork u. s. w.). Aufbrausen findet nicht statt bei Semen Lycopodii (dem sogen. Bärlappsamen) oder wenn Körper damit bedeckt sind. — Vollständig reine Flächen erzeugen kein Perlen, ein gewöhnlicher Glasstab aber bedeckt sich sofort mit Perlen; erhitzt man das andere Ende, läfst abkühlen, reinigt mit Alkohol und erhitzt wieder, nachdem man mit weichem Papier abgetrocknet hat, so entstehen beim Eintauchen fast keine Gasblasen. — Substanzen, welche eine chemische Einwirkung ausüben und das Wasser an sich reifsen wie englische Schwefelsäure, erzeugen lebhafte Kohlensäuregas-Entwicklung.

Eigentümlich ist, dafs ganz dicke Zuckersäfte, Syrup, kein Aufbrausen verursachen. Die Teilchen halten sich hier so fest, dafs man Syrup in das Wasser giefsen kann, ohne merkliches Aufbrausen wahrzunehmen; dies tritt erst beim Umrühren ein. — So lassen sich die Versuche mannigfach umändern und die Wirkungen noch nicht untersuchter Substanzen im voraus finden.

Diese Versuche können überführen zu denen mit Wasser, das sich in der Nähe des Siedepunktes findet, und zur Erklärung einiger Erscheinungen beim Sieden selbst. Stofsen von Flüssigkeiten beim Sieden, regelmäfsige Dampfentwicklung durch Zufügung von verschiedenen Substanzen. Wirkung der Spitzen.

Auch für höhere Schulen giebt es aus dem angedeuteten Gebiete der Molekularphysik der Gase eine Fülle von wichtigen Erscheinungen, welche zum Verständnis der Natur der Gase und vieler Naturerscheinungen notwendig sind, jetzt aber kaum beachtet werden, wo besonders glänzende, überraschende und in die Augen stechende Experimente mit Rücksicht auf die herrschende Elektrotechnik den Schulunterricht als Hauptsache zu beherrschen drohen, und doch haben jene Gesetze für die Entwicklung einiger Zweige der Technik dieselbe Wichtigkeit zu beanspruchen, wie z. B. die Erscheinungen der Diffusion in Beziehung zur Zuckerfabrikation.

Es ist nicht möglich, in dieser Skizze die weitere Darstellung der Versuche zu geben. Es mag nur die Anordnung angedeutet werden, wie sich diese Versuche fortsetzen lassen. Es folgen Versuche über die Schwere der Kohlensäure unter Anwendung des Sodawassers als Kohlensäurequelle; Versuche mit der Wage; Diffusionsversuche; Versuche mit Seifenblasen u. s. w.

Besonderes Interesse bieten auch die Gefrierversuche mit Sodawasser. Die Ausscheidung der Kohlensäure veranlafst eine eigentümliche Ausscheidung und Bildung des Eises. Das Gefrieren von gewöhnlichem Wasser zeigt deutlich den Unterschied. Als Gefriergefäfse verwende man Reagenzgläser oder sonstige kleine Glasgefäfse.

Im Sommer läfst sich die erforderliche Temperatur leicht, wo Eis zur Verfügung steht, durch die Kältemischung mit Kochsalz erhalten. Ebenso gut aber lassen sich diese Versuche den Gefrierversuchen mit Wasser anschliefsen und veranlassen eine Fülle von Beobachtungen.

9. Nachweis der Kohlensäure im Sodawasser auf chemischem Wege. Versuche mit Kalkwasser, Wieder-Auflösen des Niederschlags durch weiteren Zusatz des Wassers, Auftreten der Trübung beim längeren Stehen, beim Erwärmen; Tropfstein-, Kesselsteinbildung. — Anschlufs: Nachweis der Kohlensäure in der Luft, beim Atmen, beim Verbrennen, bei der Gährung. Nachweis in Gesteinen und Mineralien, in Bildungen von Organismen (Eier, Muschelschalen, Korallen, Knochen), alles Abschnitte, die mit Zusammenstellungen, Erweiterungen und Darstellung vieler täglicher Naturerscheinungen reichlich verbunden sind, wobei Heranziehung andrer Carbonate das Bild vervollständigen würde. Nicht eignet

sich die Kohlensäure, um die Condensation von Gasen zu zeigen, d. h. von Körpern, die bei unseren gewöhnlichen Verhältnissen nur im Gaszustande auftreten. Hier wäre wohl am besten das Schwefeldioxyd zu wählen, bei dem die betreffenden Versuche noch am einfachsten sind, immerhin aber nicht so einfach, dafs sie zu den eigentlichen Freihandversuchen gezählt werden könnten. Indessen sollen auch solche Grundversuche in möglichst vereinfachter Form mit herangezogen werden.

Vielleicht hat diese Darstellung ein Bild von der Anwendung der Freihandversuche in einer Richtung gegeben und gezeigt, dafs der Charakter der Spielerei ganz ferngehalten werden kann.

Die in den vorangeschickten allgemeinen Bemerkungen (*d. Zeitschr. X 108*) angegebenen Gegenstände würden für die anderen dort bezeichneten Wege zweckmäfsige Beispiele geben. Bei den ersten Betrachtungen würden die stofflichen (chemischen) und physikalischen (nur Eigenschaftsänderungen) Erscheinungen vielfach neben einander herlaufen, dann aber die Einzelwissenschaften so behandelt werden, dafs in der Physik das Gesetz, in der Chemie der Körper den Mittelpunkt der Betrachtung bildet.

Kleine Mitteilungen.

Versuche zur Theorie der Franklinschen Tafel und der Leydener Flasche.

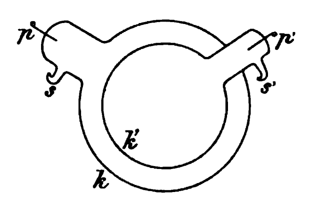
Von Prof. **Hermann Wernecke** in Frankfurt a. O.

1. Zur Theorie der Franklinschen Tafel. Peitscht man die eine Seite A einer glatten Ebonitplatte mit dem Fuchsschwanz, so zeigt sowohl sie, wie die abgewandte Seite B am Elektroskop negative Elektrizität. Die Seite B verliert aber scheinbar ihre negative Elektrizität, sobald man sie über einer Bunsenflamme hin- und herführt, während A weiter — Elektrizität zeigt. Verfährt man nun ebenso mit der Seite A, so zeigt A keine, B aber positive Elektrizität. Die negative Elektrizität von A erscheint wieder, wenn B abgeleitet wird und so fort.

Daraus schliefse ich: 1. Die anfänglich vorhandene — Elektrizität der Seite B ist Influenzelektrizität zweiter Art (nach Riesscher Bezeichnung). 2. Die entsprechenden Erscheinungen der Franklinschen Tafel sind unabhängig vom Metallbelag.

Statt durch Peitschen kann man übrigens die Elektrizität der Hartgummiplatte auch durch Überschlagen eines Funkens erregen. Das deutliche Gelingen des Versuches ist von der Trockenheit der Luft abhängig.

2. Zur Theorie der Leydener Flasche. Die Bemerkung, dafs in den Geifslerschen Röhren verdünnte Luft sich wie ein guter Leiter verhält, brachte den Verfasser auf den Gedanken, es müsse wohl möglich sein, eine Leydener Flasche herzustellen, in welcher der Metallbelag durch verdünnte Luft ersetzt ist. Um ein birnförmiges Glasgefäfs k' (Fig.) ist ein zweites Gefäfs k von derselben Form geblasen. Nachdem in den halsförmigen Teil beider je ein Platindraht $p\,p'$ eingeschmolzen war, wurde die Luft in beiden verdünnt, und alsdann wurden die Gefäfse bei $s\,s'$ zugeschmolzen[1]. Der Apparat entspricht in seinen Leistungen vollständig denen einer Leydener Flasche. Dabei sind aber die Vorgänge von besonderen Lichterscheinungen begleitet. Während der Ladung zeigt sich an der Anode eine rötliche Lichtgarbe, die in einen weifslich schimmernden Lichtkegel übergeht, während die Umgegend der Kathode das violette Glimmlicht zeigt wie bei den Geifslerschen Röhren. Bei der Entladung kehrt diese Lichterscheinung sich um. Von Interesse ist es, die Umkehrung der Pole zu beobachten, wie sie die Verwendung der Holtzschen Influenzmaschine mit sich bringt. Während des ganzen Vorganges phosphorescieren beide Glaskugeln lebhaft grün, so dafs man die Phosphorescenz auch ohne Verdunklung wahrnehmen kann.



[1]) Von Herrn Ernecke in Berlin besorgt.

Nimmt man den Apparat ab, während er geladen ist, so zeigt sich jedesmal beim Behauchen lebhafte Phosphorescenz. Wie bei der Leydener Flasche entwickelt sich nach der Entladung allmählich wieder eine schwächere Ladung, das „Residuum“. Auch hier zeigt sich, wie in No. 1, dafs die Erscheinungen der Leydener Flasche nicht abhängig sind vom Metallbelag.

Die vorstehenden Versuche, ebenso wie der weiter unten beschriebene über Erdmagnetismus, sind vom Verfasser den Teilnehmern am Ferienkursus zu Frankfurt a. M. am 3. Mai d. J. vorgeführt worden.

Für die Praxis.

Entladungsversuche. Von Dr. **A. Witting** in Dresden. Zu den Mitteilungen der Herren Schreiber und A. Kadesch (*Heft 2, S. 91, 92*) sei es gestattet hinzuzufügen, dafs ein isolierter Conduktor in sehr einfacher und zweckmäfsiger Weise durch eine mit Wasser gefüllte Glasschale dargestellt wird. Leitet man von einem Pole einer Influenzmaschine einen Draht in das Wasser, so leuchten evakuierte Röhren in der Nähe desselben hell auf, während sich gleichzeitig der Funkenstrom zwischen den Polen der Maschine wesentlich verringert. (Stellt man in die Schale ein ebenso hoch mit Wasser gefülltes Becherglas, so hat man eine isolierte Leydener Flasche, mit der man einige hübsche Experimente anstellen kann.) Man wird aber weiter bemerken, dafs bei genügender Gröfse der Funkenstrecke die Entladungserscheinungen, die sich zwischen den Polen der Influenzmaschine abspielen, wesentlich verschieden sind, je nachdem man die Oberfläche des positiven oder des negativen Poles der Maschine vergröfsert. Im ersten Falle erhält man lange, schmale Ausströmungen, im zweiten dagegen eine prachtvolle, grofse Aureole. Ähnliches zeigte sich, als der eine Pol mit einer Metallkugel von 40 cm, der andere mit einer solchen von 1 cm Durchmesser verbunden wurde und der Funkenstrom zwischen diesen beiden Kugeln überging.

Anschliefsend daran sei noch eine ältere Beobachtung mitgeteilt, die bei einer sehr stark verzögerten Batterieentladung gemacht wurde[1]). Es strömte beim Funkenmikrometer zunächst von der mit der negativen Belegung verbundenen Kugel ein schwach leuchtendes Büschel aus, das aber nicht nach der andern Kugel gerichtet war, bis plötzlich in zackiger Form auch aus dieser Kugel ein etwas stärker leuchtendes Büschel hervorstürzte, das sich unter rechtem oder sogar spitzem Winkel mit dem ersteren vereinigte. Die ganze Erscheinung dauerte etwa eine halbe Sekunde und man konnte mit dem Funken ein Streichholz entzünden.

Nachweis des Erdmagnetismus. Von Prof. **Hermann Wernecke** in Frankfurt a. O. Der Nachweis des Erdmagnetismus pflegt sich in der Schule auf die Vorzeigung der Magnetnadel und deren Besprechung zu beschränken, weil es schwer hält, die für weitere Versuche nötigen Stäbe unmagnetisch zu erhalten. Ein Stück weichen Eisenbleches aber von etwa 30 cm Länge und 3 cm Breite, welches der Länge nach rechtwinklig eingeknifft ist, läfst sich unter dem Einflufs des Erdmagnetismus in beliebiger Richtung magnetisch oder unmagnetisch machen. Angenommen, das Blech zeige beim Beginn des Versuches bereits Magnetismus, so halte ich es senkrecht zur Ebene des magnetischen Meridians und drille es, d. h. ich drehe seine Enden mit den Händen in entgegengesetzter Richtung hin und her. Ein paar Drehungen genügen, um den Magnetismus zu beseitigen. Bringe ich das nunmehr unmagnetisch gemachte Blech in die Richtung der Inklinationsnadel und drille es wiederum, so zeigt das untere Ende Nord-, das obere Südmagnetismus, und zwar ist der Magnetismus stark genug, um bei geeigneter Aufhängung dem Blech Nord-Südrichtung zu geben.

Derartige Versuche lassen sich an einem kleinen Taschencompafs schon mit Hilfe eines Selterwasserdrahtes oder winziger Blechlamellen anstellen.

[1]) Im Winter 1894/95 in dem unter Leitung des Herrn Geh. Hofrats Prof. Dr. A. Toepler stehenden phys. Institut der techn. Hochschule zu Dresden.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein Stereoskop mit rotierenden Prismen (D.R.P. 80 337) ist von L. Blath erfunden worden und wird von diesem im *Programm des Domgymnasiums in Magdeburg von 1896 (Pr. Nr. 242)* beschrieben und durch Abbildungen erläutert[1]). Der Verfasser hatte sich durch zahlreiche Untersuchungen überzeugt, dafs das Wheatstonesche wie das Brewstersche Stereoskop bei vielen Personen ohne Wirkung sind, d. h. keine körperliche Anschauung hervorbringen. Der Grund sei eine fehlerhafte Augenconstruktion der Betreffenden, und zwar können folgende Mängel das stereoskopische Sehen beeinträchtigen: 1. Verschiedenheit der deutlichen Sehweite beider Augen, 2. andere als normale Entfernung der Mittelachsen beider Augen und 3. fehlerhafte Achsenstellung der Augen oder eines Auges.

Was den ersten Punkt betrifft, so müssen natürlich gröfsere Verschiedenheiten zwischen beiden Augen durch Brillen ausgeglichen werden; geringeren aber, wie sie äufserst verbreitet sind, kann eine Verschiebung der stereoskopischen Bilder in der Richtung der Augenachsen abhelfen. Zum zweiten Punkte bemerkt Blath, dafs die Abstände der Pupillenmittelpunkte bei verschiedenen Individuen bis zu 10 mm variieren, weshalb es notwendig sei, die Okulare des Stereoskops seitlich verschiebbar zu machen. Von noch gröfserer Bedeutung sei aber der an dritter Stelle genannte Mangel; eine fehlerhafte Achsenstellung bedinge nämlich, dafs nur mit einem Auge gesehen wird, was die Entstehung eines plastischen Bildes überhaupt ausschliefst.

Das neue Stereoskop gestattet nun, diese Fehler der Augenconstruktion auszugleichen, indem es im Gegensatz zu dem älteren Prismenstereoskop, dem es sonst im wesentlichen gleicht, bewegliche Prismen besitzt, und zwar sind diese sowohl einer rotierenden Bewegung als einer seitlichen Verschiebung fähig. Zuerst mufs der Beobachter die Okulare entsprechend dem Abstande seiner Pupillen zusammen oder auseinander schieben; hernach werden dieselben je nach Bedürfnis beide zusammen oder einzeln nach rechts oder links gedreht. Auf den dies ermöglichenden Mechanismus kann hier nicht eingegangen werden; jedenfalls aber wird dadurch nach der Angabe des Erfinders selbst bei den anormalsten Augenstellungen das Körperlichsehen erzielt.

Für den Unterricht ist von Bedeutung, dafs mit Hülfe dieses Apparates, ohne dafs man die Augen äufserlich zu beeinflussen oder durch Fixieren überanzustrengen braucht, die Thatsache des Doppelbildes und das Zustandekommen der Tiefenunterscheidung durch die Verbindung der beiden Netzhautbilder in vollkommenster Weise zur Anschauung gebracht werden kann. Läfst man nämlich nach genauer Einstellung der Prismen diese gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung sich drehen, so trennen sich die beiden Bilder, während umgekehrt beim Wiederherstellen der ursprünglichen Einstellung plötzlich und überraschend das plastische Bild hervortritt. Schliefslich sei noch auf die mehrfachen Beziehungen zwischen diesem Apparate und den neuen Zeissschen Doppelfernrohren bezüglich der Erzielung der stereoskopischen Wirkung hingewiesen (vgl. ds. Heft S. 214). Der Apparat wird hergestellt von der Firma Gebr. Commichau, techn. Abteilung, Magdeburg-Sudenburg. *I. Sch.*

Über ein Verfahren zur Demonstration des zeitlichen Verlaufes variabler Ströme berichtet F. Braun in *Wied. Ann. (60, 552; 1897).* In einer länglichen Vacuumröhre gehen von einer Aluminiumkathode Kathodenstrahlen aus, passieren ein 2 *mm* weites Aluminiumdiaphragma in der Mitte der Röhre und treffen auf einen am entgegengesetzten Ende befindlichen, mit phosphorescierender Farbe bestrichenen Glimmerschirm. Sie erzeugen an der Glaswand den bekannten Fluorescenzfleck, der durch Glas und Glimmer hindurch zu sehen sein mufs. In der Gegend des Diaphragmas umwickelt man das Rohr am besten mit Stanniol, das zur

[1]) Über das Sehen mit beiden Augen, die Tiefenanschauung, und ein neues Stereoskop mit rotierenden Prismen, nebst seiner Verwendung im Unterricht und in der Augenheilkunde, von Professor Dr. Ludwig Blath, Magdeburg 1896.

Erde abgeleitet wird. Die Kathodenstrahlen erzeugte Braun durch eine 20plattige Toeplersche Influenzmaschine; doch genügt auch ein rasch intermittierender Induktionsapparat. Befindet sich in der Nähe des Diaphragmas eine kleine Magnetisierungsspule, deren Achse senkrecht zur Rohrachse steht, so wird der Fluorescenzfleck abgelenkt, sobald die Spule von einem Strom durchflossen wird. Ein Wechselstrom versetzt ihn in Schwingungen, welche

Fig. 1.

im Königschen rotierenden Spiegel Kurven ergeben, von denen einige in nebenstehenden Figuren gezeichnet sind. Fig. 1 giebt den Wechselstrom der Strafsburger Centrale verglichen mit einer vergröfserten Stimmgabelkurve (letztere punktiert). Fig. 2 stellt den Strom

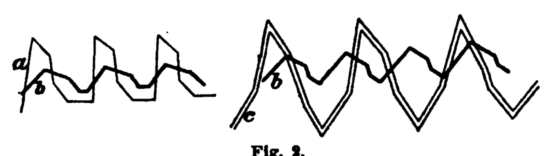


Fig. 2.

eines Induktionsapparates dar: *a*, sekundärer Kreis offen; *b*, sekundärer Kreis geschlossen; *c*, im sekundären Kreis ein Condensator. Auch Lissajoussche Kurven erhält man, wenn man nicht nur in der senkrecht über dem Diaphragma befindlichen Spule einen Wechselstrom erzeugt, sondern zugleich noch einen kleinen Magnetstab unterhalb der Röhre in horizontale Rotation versetzt. Mit wachsender Rotationsgeschwindigkeit beschreibt der Fluorescenzfleck dann die verschiedenen Lissajousschen Figuren. *Schk.*

---

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Röntgenstrahlen. In weiterer Verfolgung der schon von Röntgen selbst angestellten Versuche über Entladung elektrisch geladener Körper fand J. Perrin (*C. R. CXXIII, 351 u. 878*; *Naturw. Rundsch. XII 127)* es bestätigt, dafs ein elektrisch geladener Körper in wenigen Sekunden entladen wird, wenn die X-Strahlen nur das den Körper umgebende gasförmige Medium, nicht aber jenen selbst treffen. Perrin schneidet aus der einen Platte eines Condensators ein rechteckiges Stück heraus und verbindet dieses mit einem Elektroskop. Werden nun Röntgenstrahlen so durch den Raum zwischen beiden Platten geschickt, dafs keine von ihnen berührt wird, so werden die Platten entladen, sobald die von dem Ausschnitt ausgehenden Kraftröhren geschnitten werden. Ist letzteres nicht der Fall, d. h. durchsetzen die Strahlen das Dielektricum neben dem Ausschnitt, so hört die entladende Wirkung auf. Perrin nimmt an, dafs die X-Strahlen einige Moleküle des Dielektricums in positive und negative Ionen zerlegen, welche in einander entgegengesetzter Richtung durch das Feld fortgeführt werden und die Entladung der Condensatorplatten bewirken. Bei Veränderung der Potentialdifferenz der Platten zeigte sich, dafs für dieselbe stets ein Maximum existierte, derart, dafs eine darüber hinausgehende Erhöhung der Potentialdifferenz die Entladung nicht vermehren konnte. Dieses Maximum entspricht nach Perrins Annahme der Menge der neutralen, durch die Strahlen zerlegten Elektrizität. Es erwies sich als proportional dem Abstande von der Strahlenquelle und dem Winkel des Strahlenkegels, d. h. also der Intensität der Strahlung.

Änderungen des Drucks im Dielektricum ergaben, dafs bei gleichbleibender Temperatur die vom Condensator abgegebene Elektrizitätsmenge dem Drucke proportional war. Da die Masse eines Gases dem Druck proportional ist, so ist die Menge der pro Masseneinheit dissociierten Elektrizitätsmenge unabhängig vom Drucke. Änderungen der Temperatur von $-12°$ bis $+145°$ zeigten fast vollständige Unabhängigkeit der Entladung von der Temperatur. Da die Masse eines Gases der absoluten Temperatur umgekehrt proportional ist, so mufs die Menge der pro Masseneinheit zerlegten Elektrizität der absoluten

Temperatur proportional sein. Nach der kinetischen Gastheorie würde das bedeuten, dafs die Menge der dissociierten Moleküle unabhängig ist von ihrem Abstand, proportional dagegen ihrer Zahl und ihrer mittleren Energie.

In einer weiteren Arbeit (*C. R. CXXIV 453*; *Naturwiss. Rundsch. XII 307*) untersucht Perrin die Wirkung der X-Strahlen auf einen geladenen Körper, wenn sie nicht nur die von ihm ausgehenden Kraftröhren, sondern auch ihn selbst treffen, und findet die Wirkung im letzteren Falle (die „Metallwirkung“) viel bedeutender als die erstere (die „Gaswirkung“). Perrin läfst bei diesen Versuchen die Strahlen durch ein Aluminiumfenster inmitten einer der Condensatorplatten senkrecht auf die Platten einfallen und erhält dann beide Wirkungen. Wurden aber die beiden dem Innern des Condensators zugekehrten Flächen mit einer dünnen Schicht Petroleum, Alkohol oder Wasser bedeckt, so hörte die „Metallwirkung“ auf. Sie wurde mefsbar, wenn eine dieser Flächen mit einem Goldblatt, verdoppelt, wenn beide mit Goldblatt bedeckt waren. Die „Metallwirkung“ ist also eine ganz oberflächliche und wird von untern Schichten nicht beeinflufst. Sie wuchs mit stärkerem Felde bis zu einem Grenzwerte, war unabhängig von der Temperatur und änderte sich umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung vom Ausgangspunkte der Strahlen. Perrin erklärt die „Metallwirkung“ dadurch, dafs die von ihm angenommene „Ionisation“ des Gases durch die Röntgenstrahlen bei der Berührung mit einem Leiter in sehr viel stärkerer Weise erfolge.

Ob die Röntgenstrahlen eine elektrisierende Wirkung auf die Luft ausüben, ist von Lord Kelvin in Gemeinschaft mit J. C. Beattie und M. Smoluchowski de Smolan untersucht worden (*Nature LV 199*; *Naturw. Rundschau XII 137*). Ein Bleicylinder wurde an beiden Enden durch paraffinierte Pappdeckel geschlossen; das eine Ende stand vor der Röntgenlampe, der Verschlufs des andern Endes war von zwei Löchern durchbohrt, durch welche Glasröhren hindurchgingen. Durch die eine Glasröhre konnte mit einer Luftpumpe Luft aus beliebigen Stellen des Röhreninnern herausgesaugt und durch ein elektrisches Filter getrieben werden, durch die andere Glasröhre wurde Luft von ausserhalb des Laboratoriums in die Röhre eingeführt. Es zeigte sich nun, dafs die Luft im Innern der Röhre stets negativ elektrisch war, sobald sie von X-Strahlen durchsetzt war; sie war dagegen nicht elektrisch oder nur sehr schwach negativ, sobald ein Bleischirm zwischen Lampe und Röhre stand. War die Röntgenlampe garnicht in Thätigkeit, so war am Elektrometer überhaupt keine Ablenkung wahrzunehmen. Eine sehr deutliche Ladung (bald positiv, bald negativ) war auch wahrnehmbar, wenn die Röntgenstrahlen durch eine Glas- oder Aluminiumröhre gingen, aus der die Luft nach dem Filter gesogen wurde. Positiv geladene Luft verlor unter dem Einflufs der Strahlen die positive Elektrizität und nahm in manchen Fällen ebenfalls negative Ladung an.

Über die entladenden Eigenschaften der Luft unter dem Einflufs der Röntgenstrahlen bei verschiedenen Metallen stellten dieselben Verfasser folgende Versuche an (*Nature LV 343*; *Naturw. Rundsch. XII 204*). Ein Aluminiumcylinder enthielt in seiner Achse einen isolierten Metallstab, der durch einen — mit einem Bleirohr geschützten — Kupferdraht mit dem einen Pol eines Elektrometers verbunden war; der andere Pol war mit dem Aluminiumcylinder und Bleirohr in Verbindung. Von einer Röntgenlampe, die bis auf ein Fenster in Blei gehüllt war, fielen Strahlen durch den Aluminiumcylinder senkrecht auf den Metallstab. Dieser wurde nun positiv und dann negativ geladen; unter der Einwirkung der X-Strahlen wurde die Ladung verändert, und der Ausschlag des Elektrometers nahm einen constanten Wert an: den „Strahlennullpunkt“. Es wurde jetzt der Metallstab entladen und von neuem den Strahlen ausgesetzt, bis der „Strahlennullpunkt“ wieder erreicht war. Verband man jetzt beide Elektrometerquadranten mit einander, so nahm die Nadel eine andere Ruhelage an: den „Metallnullpunkt“. Die Differenz beider Nullpunkte wurde für 12 verschiedene Metalle ermittelt; sie betrug z. B. für amalgamiertes Zink — 93 Skalenteile = — 0,66 Volt. Auf dieselbe Weise mit ultraviolettem Licht angestellte Versuche zeigten, dafs hierbei ganz entsprechende Differenzen zwischen einem „ultravioletten-Licht-Nullpunkt“ und dem „Metallnullpunkt“ auftraten. Für Zink war die Diffe-

renz hier — 101 Skalenteile oder — 0,72 Volt. Die Differenz hatte bei Magnesium den gröfsten negativen (— 0,671 Volt), bei Kohle den gröfsten positiven (+ 0,429 Volt) Wert. Ähnliche Resultate ergaben sich, wenn die Strahlen nicht senkrecht, sondern parallel zu der Metallfläche auffielen.

Über die Wirkung eines Ozonisators auf Gase, die durch X-Strahlen erregt werden, berichtet E. Villari (*Rend. R. Acc. d. Linc. VI 17 u. 48*; *Naturw. Rundschau XII 152*). Der „Ozonisator" bestand aus einer Glasröhre, die äufserlich zum Teil mit Stanniol belegt war, während die innere Belegung aus einem durch die Röhre isoliert hindurchgehenden Drahte bestand; sie wurde durch einen Strom geladen. Wurde nun Luft (oder Sauerstoff), nachdem sie den X-Strahlen ausgesetzt gewesen war, durch diese Röhre hindurch gegen ein Elektroskop geblasen, so wurde dieses nicht entladen, während das sofort geschah, wenn die Luft den Ozonisator nicht passiert hatte. Die entladende Eigenschaft, welche die Luft durch die X-Strahlen erhielt, wurde durch ihre Ozonisierung vernichtet. Die Erscheinung spricht für die Annahme, dafs der Sauerstoff der Luft durch die Röntgenstrahlen dissociiert wird und dadurch entladend wirkt; durch Ozonisierung wird die Dissociation aufgehoben, O_3 gebildet und der entladenden Wirkung entgegengearbeitet. Leuchtgas, das von Röntgenstrahlen getroffen, auch entladend wirkt, wird beim Durchgang durch den Ozonisator ebenfalls unwirksam.

Das Verhältnis der Dichte der Gase zu ihrer Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen ist von Benoist näher untersucht worden (*C. R. CXXIV 146; Naturw. Rundschau XII 247*). Die Gase wurden in einer 74 cm langen Metallröhre mit Aluminiumgrundfläche zwischen Röntgenlampe und Elektrometer gestellt und Drucken von 1 bis 2 Atmosphären ausgesetzt. Schweflige Säure, Chlormethyl und Luft zeigten eine Absorption proportional der Dichte. Das spezifische Absorptionsvermögen, d. h. das einer Platte, deren Dicke die Masseneinheit pro qcm beträgt, war für Gase 0,14, für Aluminium 0,09, für Silber 0,84. Mit steigender Temperatur nahm die Absorption der Gase rasch ab.

Über die Fähigkeit des Auges, Röntgenstrahlen wahrzunehmen, berichten G. Brandes und E. Dorn (*Wied. Ann. 60, 478; 1897*). Ein Mädchen, dem wegen hochgradiger Kurzsichtigkeit beide Linsen entfernt waren, wurde, nach Abblenden jeden Lichts, einer Röntgenröhre genähert und hatte in der That eine Lichtempfindung. Die Verf. stellten aber fest, dafs unter gleichen Versuchsbedingungen sie selbst mit ihren normalen Augen ebenfalls eine Lichtempfindung erhielten. Allerdings riefen nur Strahlen von erheblicher durchdringender Kraft diese Empfindung im Auge hervor, weshalb sie wohl früher nicht bemerkt worden ist. Das eine Auge wurde vor jedem Versuche durch eine 20 Min. dauernde Bedeckung „für Dunkelheit adaptiert", während das andere durch ein Bleiblech vor den Strahlen geschützt wurde. Die Erscheinung besteht in einem hellen Ring am äufsersten Rande des Gesichtsfeldes, der an der Schläfenseite breiter und heller wird; das Innere des Ringes ist mit schwachem, diffusem Lichte erfüllt. Weitere Versuche wurden mit mehreren Beobachtern ausgeführt, indem verschiedene Teile des Auges abwechselnd mit Bleiplatten verdeckt wurden. Es zeigte sich, dafs die Röntgenstrahlen die Augenmedien ungebrochen durchsetzen; Reizung der untern Teile der Netzhaut ergab eine Empfindung im obern Teil und umgekehrt. Wurde eine Bleiplatte langsam vor dem Auge vorbeigeschoben, so begann die Lichtempfindung schon etwas früher, als die Netzhaut direkt getroffen wurde, was auf diffuse Reflexion an den Knochenwänden der Augenhöhle hindeutet. Durch ein in einer Bleiplatte befindliches Loch von etwa 4 mm sah man eine ziemlich scharf begrenzte Lichtscheibe; durch eine Aluminiumplatte mit einem Bleischeibchen in der Mitte verschwand die Helligkeit im Centrum, der Rand aber war nach innen schärfer begrenzt. Die Linse erwies sich für die Strahlen als durchlässig, was durch photographische Aufnahme von Tieraugen bestätigt wurde; der Glaskörper absorbierte wegen seiner Dicke die Strahlen am meisten. Die Annahme, dafs die Sehempfindung vielleicht erst Folge einer Fluorescenzwirkung der Strahlen ist, bestätigte sich nicht. Aus tierischen Augen gewonnener Sehpurpur, der sich im Tageslicht sofort hell färbt, zeigte unter dem Einflufs kräftiger X-Strahlen keine Veränderung.

Einige Lochcamera-Aufnahmen mit Röntgenstrahlen beschreibt P. CZERMAK (*Wied. Ann. 60, 760; 1897*). Die Camera bildete ein mit Bleiblech überzogenes Kästchen mit einer kleinen unter 1 mm weiten Öffnung, welche durch ein 0,4 mm dickes Aluminiumblech für andere Strahlen undurchlässig gemacht war. Die Exposition dauerte 30 Minuten. Die Bilder zeigen in der Mitte einen schwarzen Fleck, der die quadratische Form der Kathode erkennen läfst; der Fleck ist umgeben von einem schwächer entwickelten Hof, der von den X-Strahlen der fluorescierenden Glaswand herrührt. In einem seitlichen dunkleren Fleck sind auch die Strahlen der Aluminiumanode ausgeprägt. Blanke Scheiben aus Zinn, Zink und Stahl, neben die Röntgenlampe gestellt, ergaben bei einstündiger Exposition mit der Lochcamera ebenfalls ein deutliches, von diffuser Reflexion herrührendes Bild. Drei übereinander liegende, mit Aluminiumprismen bedeckte Löcher schienen eine geringe Verschiebung der 3 Mittelfiguren zu ergeben, woraus CZERMAK eine Brechung der Strahlen im Aluminium folgert, was Ref. aber noch sehr der Bestätigung zu bedürfen scheint. Ebenso dürften die von CZERMAK einem für Röntgenstrahlen empfindlichen Auge zugeschriebenen Eigentümlichkeiten nach den Untersuchungen von Brandes und Dorn nicht zutreffend sein.

Über die Erzeugung von Röntgenstrahlen mit verschiedener durchdringender Kraft hat A. A. C. SWINTON wichtige Entdeckungen gemacht (*Nature LV, 621; 1897*). Die durchdringende Kraft der Strahlen wächst mit der Evacuation der Röhre: bei der Hand werden zuerst das Fleisch, dann auch die Knochen durchlässig. Ähnliche Wirkungen lassen sich aber auch hervorrufen mit einem constanten Vacuum durch allmähliches Anwachsenlassen der Kraft des Rühmkorff oder durch Veränderung des Widerstandes des Rohres vermittels eines magnetischen Feldes: die Strahlen sind am meisten durchdringend bei grofser elektrischer Kraft und hohem Widerstande, am wenigsten durchdringend bei geringer Kraft und geringem Widerstande. SWINTON fand ferner, dafs es möglich ist, die durchdringende Kraft der Röntgenstrahlen durch einfache Veränderung des Abstandes zwischen Kathode und Antikathode zu ändern. Er construierte eine Röhre, in der die Antikathode mit einer Gleitvorrichtung versehen ist, so dafs ihr Abstand von der Kathode von 1 bis 3 Zoll verändert werden konnte. Nähert man die Antikathode der Kathode, so erhalten die Strahlen gröfsere durchdringende Kraft, gerade als wenn das Vacuum wächst, während umgekehrt bei Entfernung der Antikathode die Kraft der Strahlen verringert wird. Ebenso kann man die durchdringende Kraft der Strahlen verändern bei Anwendung von Kathoden mit verschiedenem Durchmesser. SWINTON construierte eine Röhre mit zwei Kathoden, die gesondert benutzt werden konnten und von denen die eine den doppelten Durchmesser der andern hatte. Es zeigte sich, dafs, wenn die von der gröfsern Kathode ausgehenden X-Strahlen mittlere Durchlässigkeit besafsen, diese sehr grofs wurde, wenn man die kleinere benutzte, und umgekehrt. Überhaupt fand Verf., dafs die Bedingungen, welche Strahlen von grofser durchdringender Kraft erzeugen, zugleich die Bedingungen sind, welche eine beträchtliche Potentialdifferenz zwischen den Anode- und Kathodeteilen der Röhre hervorrufen.

Röntgenröhren mit nur einer Elektrode sind von A. PFLÜGER (*Wied. Ann. 60, 768; 1897*) construiert worden. Bei Untersuchung der in einem Teslatransformator vor sich gehenden Entladungen fand PFLÜGER wesentliche polare Unterschiede, indem die sichtbare Strahlung des Pols, welcher positive Elektrizität ausstrahlt, bedeutend mächtiger war als die des andern. Die Umkehrung des primären, durch einen Rühmkorff erzeugten Stromes kehrte die Eigenschaften der Pole um. Wenn man nun den einen Pol des Teslatransformators mit einer Elektrode einer Röntgenröhre verband, so erhielt man gute X-Strahlung. An beide Pole des Transformators liefsen sich eine ziemliche Anzahl von Röhren anschliefsen, ohne dafs die Intensität der Strahlung erheblich verringert wurde. Doch war die Intensität der X-Strahlen an dem Pole des Transformators am gröfsten, der sonst die schwächere sichtbare Ausstrahlung zeigte, sich also mehr als Kathode verhielt. PFLÜGER hebt hervor, dafs die zuletzt von ihm benutzten einpoligen Röhren sich an Güte kaum von den zweipoligen unterscheiden.

Über einige Erweiterungen früherer Versuche mit Röntgenstrahlen berichten A. VOLLER und B. WALTER (*Wied. Ann. 61, 88; 1897*). Starke Erwärmung macht be-

kanntlich unwirksam gewordene Röhren wieder wirksam; die Verf. finden, dafs die Erhitzung in viel höherem Grade wirksam ist, wenn man sie in der Umgebung der Kathode vornimmt. Das von Dorn (*d. Ztschr. X 103*) zuerst angewandte Mittel, das Vacuum durch Erwärmung einer in einem Seitenröhrchen eingeschmolzenen, gasabsorbierenden Substanz (Ätzkali) zu erhöhen, wurde von Voller und Walter in der Weise modifiziert, dafs dieselben um das Ätzkaliröhrchen eine von einem Strom durchflossene Heizspirale legten, wobei sich durch Regulierung der Heizstromstärke jeder Grad des Vacuums dauernd erhalten liefs. Es bestätigte sich auch hier wieder, dafs das Durchdringungsvermögen der X-Strahlen um so gröfser wird, je mehr die Röhre evacuiert ist. Eine Brechbarkeit der Strahlen liefs sich weder im Diamant, noch in Kupfer oder Aluminium nachweisen. Da der Diamant die X-Strahlen nur schwach absorbiert, so ergiebt sich bei Anwendung der Dispersionsformel farbloser Medien, dafs die etwaige Wellenlänge der Strahlen nicht über 1 $\mu\mu$ betragen kann. Die von Fomm (*d. Ztschr. X 103*) gemachte Beobachtung einer Art von Interferenz bestätigte sich nicht; die Fommschen Streifen wurden zwar auch beobachtet, verschwanden aber um so mehr, je schmäler der Spalt wurde, während bei einer optischen Interferenzerscheinung das Gegenteil stattfinden müfste. Auch eine Ablenkbarkeit der X-Strahlen durch magnetische Kräfte liefs sich nicht im geringsten nachweisen. Zuletzt untersuchten Verf. noch die diffuse Reflexion an einigen Metallen. Wenn die reflektierenden Flächen parallel der photographischen Platte lagen, so fand sich die stärkste Reflexionswirkung bei den Elementen der Silbergruppe, eine etwas schwächere bei denen der Kupfergruppe, noch schwächere bei denen der Platin-, die schwächste bei den Elementen der Aluminiumgruppe. Unter dem Diamanten war keine Reflexion zu erkennen. Reiht man die untersuchten Stoffe in das periodische System der Elemente, so scheint die Stärke der diffusen Reflexion von der ersten bis zur vierten Gruppe derselben zu, von der vierten zur fünften dagegen erheblich abzunehmen. *Schk.*

---

3. Geschichte.

Über die Entdeckung neuer Elemente im Verlaufe der letzten 25 Jahre. Von Clemens Winkler. (Vortrag vor der D. Chem. Gesellschaft zu Berlin am 11. Januar 1897; *Ber. d. D. Ch. G. 30, No. 2, S. 6—21.*) Die fesselnd geschriebenen Mitteilungen des Entdeckers des Germaniums geben nicht nur eine wertvolle Übersicht über den Stand der Forschung bezüglich der neuentdeckten und fraglichen chemischen Elemente, sondern behandeln noch verschiedene andere mit dem Thema zusammenhängende Fragen in so anziehender und lebendiger Weise, dafs nur zu wünschen ist, der Vortrag würde durch eine Sonderausgabe weiteren Kreisen zugänglich gemacht. — Über die relative Häufigkeit der wichtigsten Elemente in der oberflächlichen Schicht der Erde liegen Berechnungen von F. W. Clarke (*Philos. Soc. of Washington, Bull. 11, S. 129*) vor, wonach beispielsweise dem Sauerstoff 50, dem Silicium 25% zugesprochen werden, während am Rest das *Al* mit 7,3, *Fe* mit 5,1, *Ca* mit 3,5, *Mg* mit 2,5, *Na* und *K* mit je 2,2%, dagegen die sich am meisten in den Vordergrund drängenden Elemente: *H* nur mit 0,94, *C* mit 0,21, *P* mit 0,09, *N* mit 0,02, *Cl* mit 0,15% beteiligt sind. — Für die aus den bisherigen Beobachtungen zu ziehende Vermutung, dafs der elementare Stoff, aus dem der Planet aufgebaut ist, nach der Oberfläche hin an Vielfältigkeit zunähme, wird als Erklärungsgrund angegeben, dafs die Elemente an der Erdoberfläche durch das grofse Aufbereitungswerk, welches Wasser und Atmosphäre unter dem Antriebe der Sonnenwärme unablässig ausüben, in steter Bewegung und Umgruppierung begriffen seien, so dafs die Vielheit der Elemente das Ergebnis einer fortgesetzten Extraktionsarbeit darstellt. Hierdurch wurden die Elemente leichter gewinnbar und, dank der Vervollkommnung der Forschungsmethoden, insbesondere der Elektrolyse und der Spektraluntersuchung, in immer reicherem Mafse erkannt. So schied H. Moissan unter Benutzung der starken Ströme der Jetztzeit das vorher fast unbekannte Fluor aus seinen Verbindungen ab (*Compt. R. 102, 1543; 103, 203, 256*). Das erste in den Bereich der Mendelejeffschen Prognose fallende Element ist das 1879 von L. F. Nilson (*Ber. d. D. Ch. G. 12, 554*) aufgefundene Scandium, das wohl kaum einem an-

deren Forscher durch die Hände gegangen ist; es entspricht gemäfs seinem Atomgewicht 44 dem vorausgesagten „Ekabor“. Die umfangreichen Spezialforschungen, welche sich an die bereits 1794 durch Gadolin aus dem Gadolinit von Ytterby abgeschiedene Yttererde, — die später in drei Erden, die Erbinerde, die Terbinerde und die eigentliche Yttererde zerlegt wurde, — anschlossen, gehören zumeist in das letzte Vierteljahrhundert. Die genannten Erden wurden noch in einer gröfseren Anzahl seltener Mineralien nachgewiesen, doch zeigten die dargestellten Oxyde keineswegs gleiche Beschaffenheit, sondern erwiesen sich als Gemenge, deren Trennung nur sehr schwierig auszuführen war. Die neuen darin enthaltenen Elemente, deren Weiterzerlegung übrigens nicht unmöglich erscheint, lernte man hauptsächlich nach Funken-, Emissions- und Absorptionsspektren und nach ihren Atomgewichten unterscheiden, da sie wirklich scharfe Reaktionen nicht zeigten; hierher gehören: Erbium (Cleve, *C. R. 91, 381*), Holmium und Thulium (Cleve, *C. R. 89, 478; 91, 328*), Dysprosium, Gadolinium und Samarium (Lecoq de Boisbaudran, *C. R. 102, 902, 1003; 89, 212*), Terbium und Decipium (Delafontaine, *Ann. d. ch. et d. ph. 14, 228; C. R. 87, 632*) und Ytterbium (Marignac, *C. R. 87, 578*). Das neuerdings angekündigte Lucium (P. Barrière, *Chem. Ztg. 1896, 265*) ist schon wieder hinfällig geworden (W. Crookes, *Chem. Ztg. 1896, 297*). — Die Ausbildung der Gasglühlichttechnik veranlafste Untersuchungen über die interessanten Ceritmetalle Cerium, Lanthan und Didym. Nachdem man schon länger vermutet hatte, dafs letzteres kein einfacher Stoff sei, gelang es 1885 C. Auer von Welsbach (*Monatsh. f. Ch. 6, 477*), dasselbe in zwei Elemente, das Praseodym und das Neodym, zu zerlegen. Unsicher ist dagegen die Existenz von Metacerium (B. Brauner, *Chem. News 71, 283*) und des von K. D. Chruschtschow (*Chem. Ztg. 1890, 272*) als Begleiter des Thoriums in einigen Zirkonen und im Monazit angenommenen Russiums mit dem hohen Atomgewicht 220. Ganz wieder von der Bildfläche verschwunden sind das Jargonium Sorbys (*Ber. d. D. Ch. Ges. 2, 193*), das Austrium Linnemanns (*Monatsh. f. Ch. 7, 121*), das Norwegium Dahlls (*Ber. d. D. Ch. Ges. 12, 1731; 13, 250 u. 1861*), das Actinium Phipsons (ebenda *14, 2226; 15, 526*), das Idumium Webskys (*Sitz. Ber. d. Berl. Ak. 30, 661*), das Masrium Richmonds und Offs (*Chem. Ztg. 1892, 567, 648*) und ein angeblich im Bauxit vorhandenes, unbenannt gebliebenes Element K. J. Bayers (*Chem. Ztg. 1894, 671*).

Dagegen gehören zu den scharfgezeichneten Gestalten auf der Bühne der chemischen Vorgänge das Gallium und das Germanium. Das Gallium fand Lecoq de Boisbaudran (*C. R. 81, 493*) in der Zinkblende von Pierrefitte; es ist das erste der mit Hilfe des Funkenspektrums wirklich entdeckten Elemente; an zwei im Violett liegenden, auffallenden Linien wurde es erkannt. Die Ausbeute war nur äufserst gering und mit gröfster Spannung sah man der Ermittelung der Eigenschaften entgegen, da es galt, die erste Probe auf die Mendelejeffschen Spekulationen zu machen (Scandium und Germanium waren noch unentdeckt). War es als gewagt erschienen, wenn Mendelejeff (*Journ. der russ. ch. Ges. 1869, 60*) in seiner Mitteilung „Über die Correlationen der Eigenschaften mit den Atomgewichten der Elemente“ auf die bevorstehende Entdeckung unbekannter einfacher Körper vom Atomgewichte 65—75 hinwies, so schien es fast vermessen, wenn derselbe geistvolle Forscher es 1871 unternahm, die Eigenschaften dreier hypothetischer Elemente, des Ekabors, des Ekaaluminiums und des Ekasiliciums voraus zu berechnen (*Ann. Chem. Suppl. 8, 200*). Anfänglich schien sich die Erwartung beim Gallium nicht zu bestätigen, da die erste allerdings unvollkommene Bestimmung des spez. Gew. den ganz unzutreffenden Wert von 4,7 ergab. Da aber die Fällbarkeit der Lösungen des neuen Elements durch kohlensaures Baryum, seine Neigung, basische Salze zu liefern und seine Fähigkeit, Alaune zu bilden, unzweideutig auf Beziehungen zum Aluminium hinwiesen, so erklärte Mendelejeff in den Mem. d. franz. Ak., dafs hier das „Ekaaluminium“ vorzuliegen scheine. Die mafsgebende Bestimmung führte denn auch genau auf die vorausberechnete Zahl 5,9; in ebenso überraschender Weise zeigte sich die Übereinstimmung zwischen Berechnung und Befund bei der spez. Wärme 0,08 und dem Atomgewicht 69,8; ja sogar die Ankündigung, dafs wegen der Flüchtigkeit des fraglichen Elementes die Entdeckung durch die Spektralanalyse zu erwarten sei, war eingetroffen. Einen

weiteren Triumph feierte Mendelejeff bei der Entdeckung des Germaniums durch Clemens Winkler 1886 (*Ber. d. D. Ch. Ges. 19, 210*): das in dem Erze Argyrodit aufgefundene neue Element erwies sich als das „Ekasilicium". Da dieses Element nicht durch einen günstigen Zufall entdeckt, sondern gemäfs der Prognose Mendeljeffs durch C. Winkler mit aller Beharrlichkeit gesucht wurde, so wird seine Auffindung mit Recht in eine gewisse Parallele mit der Entdeckung des Planeten Neptun gestellt. Übrigens wird von Mendelejeff selbst (Grundlagen der Chemie, St. Petersburg, 1891, S. 692) die Auffindung des Germaniums als die wichtigste Bestätigung der Richtigkeit des periodischen Gesetzes bezeichnet. (Über die Eigenschaften des *Ge* vergl. d. Ztschr. *I 78.*)

War nach dieser Richtung hin die Theorie glänzend bestätigt, so wirkte es um so überraschender, als das nächste neue Element, das von Lord Rayleigh und W. Ramsay 1895 aufgefundene Argon (vergl. d. Ztschr. *VIII 219*), sich nicht in Beziehung zum periodischen System bringen lassen wollte. Demnach harren zur Zeit die Fragen, ob in demselben ein einatomiges Element vom Atomgewicht 37 vorliege, das im System zwischen *Cl* und *K* fallen würde, oder ob es als zweiatomig mit dem Atomgewicht 20 hinter das Fluor und vor das Natrium zu stellen wäre, ob es allotroper Stickstoff N_3, mit dem Molekulargewicht 42, oder ein selbständiges dreiatomiges Element A_3 vom Atomgewicht 13 sei, noch der Entscheidung. Die das höchste Interesse in Anspruch nehmende Entdeckung des Heliums durch W. Ramsay (*Chem. News 71, 151*; vergl. d. Ztschr. *IX 34*) führte in Bezug auf die Einreihung in das periodische System zu ähnlichen Verlegenheiten, besonders da nach den klassischen Untersuchungen von Runge und Paschen das Heliumgas aus wenigstens zwei Gasen zu bestehen scheint, für deren zweites N. Lockyer bereits den Namen Asterium vorgeschlagen hat; jedenfalls müssen dieselben nach Olszewski (*Anz. d. Ak. d. Wiss. Krakau 1896, S. 297*), dem die Verflüssigung des Heliums noch nicht gelungen ist, einen dem absoluten Nullpunkt naheliegenden, noch unter — 264° (berechnet) fallenden Siedepunkt besitzen. — Argon und Helium werden möglicherweise zum weiteren Ausbau, wenn nicht zur Umgestaltung des periodischen Systems Anlafs geben, wobei vielleicht einige andere Widersprüche ihre Lösung finden werden, so die Stellung und das Atomgewicht des Tellurs, das neuerdings namentlich B. Brauner (*Ak. d. Wiss. Wien 1889, 98, 2b, 456*) und L. Staudenmaier (*Ztschr. f. anorg. Ch. 10, 189*) untersucht haben; das Vorhandensein des von Brauner im Tellur vermuteten fremden Elementes Austriacum ist nicht erwiesen. Die vielerörterte Frage, inwieweit die Atomgewichte von Nickel und Kobalt von einander abweichen, glaubt C. Winkler (*Ztschr. f. anorg. Ch. 8, 1*) im wesentlichen beantwortet und die Existenz eines dritten darin vermuteten Elementes Gnomium widerlegt zu haben. — Zum Schlufs werden noch einige spekulative Fragen, wie die der Möglichkeit einer Weiterzerlegung alles anscheinend einfachen Stoffes, sowie die einer Wandlung der Substanz kurz gestreift, wobei an N. Lockyers Hypothese (*Ber. d. D. Ch. Ges. 6, 1554; 11, 2289; 12, 304, 1220*) von der Dissoziation der Elemente innerhalb der Sonnenatmosphäre erinnert wird. *O.*

---

4. *Unterricht und Methode.*

Die Einrichtungen für den physikalischen Unterricht an Gymnasien. Unter diesem Titel behandelt Prof. M. Schlegel in dem Jahresbericht des K. Wilhelms-Gymnasiums in Berlin (*Pr. Nr. 65, Ostern 1897*) die Frage nach den besonderen Einrichtungen, welche die Gewähr leisten, dafs der physikalische Unterricht mit der gegebenen Stundenzahl den Anforderungen der Lehrpläne von 1891 genügen könne. Was zunächst die Räume betrifft, so fügt er der jetzt wohl allgemein anerkannten Forderung nach einem Unterrichtszimmer und einem besonderen Apparatenzimmer noch die wohlberechtigte nach einem Arbeits- und Vorbereitungszimmer für den Lehrer hinzu; als Ausstattung für dieses giebt er namentlich eine Werkbank mit festem Schraubstock, eine Drehbank, Bohrmaschine, Schleifstein, Hobelbank, Glasblasetisch und die nötige Werkzeugsammlung an. Als geringste Gröfse für das Unterrichtszimmer schlägt er bei 40 Schülern ca. 55 qm vor, für das Sammlungszimmer 40 qm, für den Arbeitsraum 30 qm. Er spricht sich endlich auch für die Einrichtung von Schüler-

übungen aus und hält dafür mit Recht einen Arbeitssaal für erforderlich, dessen Gröfse für zehn Arbeitsplätze zu je vier Schülern hinreichen müfste. [Da indessen einerseits die Überwachung so vieler Schüler, selbst bei Hinzuziehung einer jüngeren Lehrkraft, zu schwierig sein dürfte, und andererseits auch das Zusammenarbeiten von je vier Schülern nur als ein Notbehelf anzusehen ist, so wäre es wohl ratsamer, eine so grofse Zahl von Schülern, wie die angegebene, in getrennten Abteilungen von je zwanzig arbeiten zu lassen, für die dann zehn Arbeitsplätze grade angemessen sein würden.] Hinsichtlich der Wahl des Stockwerks entscheidet sich der Verfasser dafür, dafs aus Rücksicht auf die Stabilität des Gebäudes und die Gröfse des Wasserdrucks die Lage im Erdgeschofs jeder anderen vorzuziehen sei. An der Orientierung des Unterrichtszimmers nach Süden hingegen hält er nicht mit solcher Entschiedenheit fest, namentlich, wenn Gasglühlicht [sollte wohl heifsen Sauerstoffzirkonlicht] oder elektrisches Licht zur Verfügung stehe. Demgegenüber ist indessen doch hervorzuheben, dafs Niemand das Sonnenlicht wird wieder entbehren wollen, wenn er einmal die Vorzüge davon, selbst nach langem Warten bei der Ungunst unserer klimatischen Verhältnisse, erprobt hat; bei Neubauten sollte jedenfalls der von Börnstein (d. Zeitschr. *V 32*) empfohlene Ausweg nur im äufsersten Notfall eingeschlagen werden. Zu den Forderungen in Bezug auf Gas- und Wasserzuleitung fügt der Verfasser endlich noch die, dafs elektrischer Strom jederzeit zur Hand sein müsse, womit er sich den Ausführungen von Fr. C. G. Müller (vgl. d. Zeitschr. *IX, 202*) anschliefst. In der That wird sich diese Forderung auf die Dauer nicht abweisen lassen. Wo elektrische Grofsanlagen für Strom sorgen, ist der Anschlufs an diese anzustreben; wo solche fehlen, ist, sofern nur die Mittel zur Verfügung stehen, eine eigene Stromerzeugungsanlage (wie in Innsbruck) einzurichten; wo dies auch nicht angeht, bleibt nur die Benutzung von Akkumulatoren übrig, für die bereits mehrfach Vorschriften gegeben sind.

Hinsichtlich der Apparatensammlung hebt der Verfasser zwei besondere Gesichtspunkte hervor, die volle Beachtung verdienen. Manche Apparate, wie die Reibungselektrisiermaschine und die Kolbenluftpumpe, sind heut so sehr überholt, dafs sie bald nur als historische Apparate Bedeutung haben werden; dennoch sind sie für das Verständnis der Art, wie die heutigen Anschauungen gewonnen worden sind, so wichtig, dafs man sie noch auf lange im Unterricht nicht wird entbehren wollen, selbst wenn man sich neben ihnen einer Influenzmaschine, einer Quecksilberluftpumpe bedient. Sie sind nach Machs treffendem Vergleich wertvolle Leitmuscheln für die Erkenntnis der Urgeschichte der Physik. Hierher ist auch die Coulombsche Drehwage zu rechnen [die Ref. auch in der heut üblichen Ausführung für den Klassenunterricht überaus brauchbar befunden hat]. Andererseits weist der Verfasser darauf hin, dafs die Hülfsmittel für die Vorführung der wichtigsten neueren Entdeckungen noch fortwährender Änderung unterworfen sind, dafs daher auch die besten Normalverzeichnisse nur für kurze Zeit Geltung behalten können. Die von der Elberfelder Versammlung, wie auch von Fr. C. G. Müller angesetzte Dotierung von 5000 M. für die erste Ausstattung eines physikalischen Kabinetts wird nur als für heute gültig anzusehen sein; auch dürfen darin nicht etwa die Anlagekosten für Gas-, Wasser-, Elektrizitätszuleitung eingeschlossen werden. Verhütet werden sollte anderseits, dafs solche Dinge beschafft werden, die für Universitätslaboratorien geeignet, für den Schulunterricht aber unbrauchbar sind. Auch hier wieder tritt das Verlangen nach Schulmuseen in Verbindung mit einer amtlichen Auskunftsstelle, wie Schwalbe vorgeschlagen hat, hervor. — Der jährliche Etat für Erhaltung und Ergänzung der Sammlung wird vom Verf. gleichfalls einer Kritik unterzogen: „Der Satz von 300 M. möge genügen für Schulen mit höchstens zehn wöchentlichen Stunden; Doppelanstalten mit meist voll besetzten Klassen, in denen die Zahl der Physikstunden bis zu 20 steigen kann, sind mit jährlich 400 M. nicht auf Rosen gebettet.“ — Eine immer dringlicher werdende Forderung ist auch die, dafs aufser der regelmäfsigen Reinigung der Zimmer und Schränke für stete Ordnung im Kabinett unbedingt die Hülfe eines Dieners erforderlich sei, der wenigstens einige Stunden der Woche für den Lehrer der Physik allein bereit ist. Unschätzbar sei überdies die viertel- oder halbjährliche Revision des Kabinetts durch einen

Mechaniker, der die schadhaft gewordenen Instrumente einer Untersuchung an Ort und Stelle, und wenn möglich sofortiger Reparatur unterzieht.

Im Anschlusse an diese allgemeinen Ausführungen stellt der Verfasser noch einen Spezialplan für die Vervollkommnung der physikalischen Unterrichtseinrichtungen an seinem Gymnasium auf. Besonders bemerkenswert ist daraus eine besondere Art der Dielung, die der Verfasser nach dem Beispiel des Centraltelegraphenamts eingeführt und bewährt gefunden hat: Die langen Dielen sind durch kleine Holzplatten ersetzt, die durch Holzschrauben einzeln auf darunter liegendem Rahmen befestigt sind. Jede kleine Störung in den Leitungen ist nun leicht beseitigt, weil jede Platte für sich entfernt werden kann. — Für die Beschaffung elektrischen Stroms wird der Anschlufs an die Berliner Elektrizitätswerke in Aussicht genommen, jedoch ohne dafs gleichzeitig damit die Anlage elektrischer Beleuchtung für die ganze Lehranstalt verbunden zu werden braucht.

Damit die Durchführung der aufgestellten Forderungen ermöglicht werde, empfiehlt der Verfasser schliefslich, dafs eine etwa von den Fachlehrern jeder Provinz frei gewählte Kommission von wenigen Mitgliedern mit technischem Rat der Behörde zur Seite trete. „Diese hätte bei Aufstellung des Programms für Neubauten, bei deren Abnahme, bei baulichen Veränderungen, bei aufserordentlichen Bewilligungen für einzelne Anstalten begutachtend mitzuwirken und vor allem die Sorge für die allgemeinen Einrichtungen im Auge zu behalten. Der einzelne Lehrer fände in der Kommission einen Rückhalt bei begründeten Ansprüchen Gemeinden und Behörden gegenüber, und zuverlässigen Rat, wo ihm selbst noch die Erfahrung mangelt." Demgegenüber „würde die Frage nach einer Normalsammlung bald in den Hintergrund treten, und über die Höhe der jährlichen Etatssätze würde die Praxis entscheiden, vielleicht in der Weise, dafs neben einer allgemeinen Grundtaxe ein mit der Stundenzahl wachsender Zuschufs alle Wünsche erfüllte". *P.*

Über Neueinrichtung und Verwaltung eines Schulkabinetts veröffentlicht Prof. Ernst Uhlich eine Abhandlung zum Jahresbericht der Fürsten- und Landesschule (Gymnasium) zu Grimma (*1897*, *Pr. Nr. 559*). Der Verfasser bezeichnet es als überaus wünschenswert, dafs über die Erfahrungen, die mit Neueinrichtungen der verschiedensten Art gemacht wurden, öffentlich und ohne Rückhalt berichtet werde. Er giebt selbst ein dankenswertes Beispiel eines solchen Berichtes, um andere vor den Fehlern, die er selbst gemacht, zu warnen. Wenn er einerseits zum Mafshalten in den Forderungen rät, so verlangt er um so mehr, dafs die wirklichen Bedürfnisse mit allem Nachdruck verfochten werden. Er warnt vor der Anschaffung billiger Apparate, wie vor der zu kärglichen Ausrüstung mit den nötigsten Gebrauchsgegenständen (Glasgefäfse, Klemmschrauben u. s. w.). Er redet bei diesem Anlafs der Anschaffung eines Fuessschen Uhrwerkheliostaten an Stelle eines Handheliostaten das Wort. Wo die Schule Gelegenheit finde, sich eine derartige wahre Verbesserung dienstbar zu machen, dürfe sie dies nicht versäumen, selbst wenn der Preis ein höherer sei. Was im anderen Fall an Geld erspart werde, gehe an Zeit reichlich verloren. Er gedenkt auch mit Bedauern der irrigen Ansicht, die in Preufsen zu bestehen scheine, dafs man nämlich die grofsen Schulen grofser Städte reichlich mit Mitteln bedenke, dagegen die Anstalten kleinerer Städte auf einen geringen Jahresetat beschränke, obwohl aus leicht ersichtlichen Gründen eher das Umgekehrte am Platze sei. — In der Frage des Normalverzeichnisses urteilt der Verfasser, dafs eine Einigung schwer erreichbar und auch nicht einmal wünschenswert sei. In Bezug auf die erste Anschaffungssumme und die Höhe des Jahresetats stimmt er den Elberfelder Beschlüssen (s. den vorangehenden Bericht) zu.

Für die Apparatensammlung stellt der Verfasser als obersten Grundsatz auf, dafs die Apparate nach jeder Hinsicht handlich sein, d. h. möglichst geringe vorhergehende Zurichtung von Seiten des Lehrers erfordern müssen. Dies stimmt mit den Anforderungen zweier so erfahrener Experimentatoren wie Noack und Fr. C. G. Müller überein. Der Verf. erklärt sich demnach dagegen, dafs Apparate, aus schlecht angebrachter Sparsamkeit aus einzelnen Teilen zusammengesetzt werden, die je nach ihrer Anordnung für verschiedene Versuche zu benutzen sind. Das Prinzip der Handlichkeit verlange, dafs jeder Apparat so,

wie er gebraucht wird, jederzeit fix und fertig dastehe. — Auch geringere Gebrauchsgegenstände, Glasröhren, Trichter, Korke u. s. w. sollten für jeden Versuch ständig zusammengelegt bleiben; bei den Apparaten zum Galvanismus z. B. bleiben am besten Drähte von passender Länge und Stärke zu Spiralen gewickelt gleich am Apparat befestigt. — Vom Retortenhalter sollte man sich möglichst freihalten, da er eine gewisse Zeit zum Einstellen und überdies Vorsicht, wenn es sich um Glasgefäfse handelt, erfordere. Oft genügen Flaschen, die mit Sand oder Eisenfeile gefüllt sind, oder einfache Holzstücke mit geeigneten Leisten oder Drähten. Der Versuch über Absorption von Ammoniakgas z. B. werde vom Stativ befreit, wenn man das untergesetzte Glas nur so weit wähle, dafs die umgekehrte Flasche unmittelbar auf seinem Rande aufliegen könne, u. dgl. m. Alle Arbeiten, die wiederholt zu machen sein würden, sollen mit einem Mal abgethan werden, so das Abtarieren der beim archimedischen Prinzip benutzten Cylinder; am bequemsten werden abtarierte Gegengewichte bereit gehalten, zweckmäfsig Zündholzschachteln, die mit Schrotkörnern gefüllt sind. — Eine genaue Ordnung wird am besten dadurch erreicht, dafs alle zu einem Versuch nötigen Dinge in besonderen Holz- oder Pappkästen zusammengelegt werden; besonders empfehlenswert hierfür sind leere Cigarrenkistchen, je nach Umständen in halber oder drittel Höhe oder auch in der Breite quer durchsägt, und des besseren Aussehens halber mit Papier überzogen. Hinreichender Platz in den Schränken ist für dies alles notwendige Voraussetzung. — Für die Selbstanfertigung von Apparaten führt der Verf. mehrere zutreffende Gründe an, doch will er sie mit Recht auf einfachere Vorrichtungen beschränken.

Die Heranziehung von Schülern zur Hülfe bei der Herrichtung von Versuchen und ebenso bei der Abrüstung wird vom Verf. im Einklang mit Noack für unzulässig erklärt. Eine Ausnahme wird nur dann für statthaft erachtet, wenn der Versuch unbedingt einen Hülfsarbeiter verlangt und mit diesem vorher durchprobiert werden mufs. [Ref. kann eine mäfsige Beihülfe bei der Vorbereitung von Seiten dafür geeigneter Schüler nicht so verurteilenswert finden; die dabei Beteiligten haben davon selber einen Nutzen und finden darin eine Art von Ersatz für die meist nicht vorhandenen Schülerübungen; eine solche Beihülfe wird in der Regel erst dann ganz entbehrt werden können, wenn nach dem Vorschlage Schlegels dem Lehrer eine besondere Hülfskraft zur Verfügung gestellt wird.] Die Hülfe der Schüler in den Lehrstunden wird dagegen von Uhlich gebilligt. Er hält es daher auch für unnötig, bei Thermometermessungen unter allen Umständen die Möglichkeit einer weithin sichtbaren Ablesung ins Auge zu fassen. Es genügt [und Ref. stimmt dem bei], wenn ein oder zwei Schüler unter Kontrolle des Lehrers die Ablesung vornehmen; ja es wird sogar einem solchen Verfahren ein erhöhtes Interesse entgegengebracht, und zugleich die Gemeinsamkeit des Arbeitens in höherem Mafse bethätigt. Im Zusammenhang damit äufsert sich der Verf. auch über Schülerübungen und ist der Meinung, dafs bei Neueinrichtung von Schulkabinetten auch auf die Möglichkeit von solchen wird von vornherein Rücksicht genommen werden müssen.

Als notwendige Räume sind, wie der Verf. auf Grund der Berichte über 29 Neubauten von Gymnasien feststellt, jetzt durchweg zwei Zimmer anerkannt; für den Unterrichtsraum sind 60 qm Fläche als genügend anzusehen, für das Sammlungszimmer giebt Weinholds Forderung von 52 qm einen guten Mittelwert. Einen dritten Raum wiesen nur 11 der erwähnten Anstalten auf, und zwar stehen hierin die preufsischen Schulen, sogar in Berlin, noch zurück, während in Wien und namentlich auch in Sachsen diese Forderung zumeist erfüllt ist. Die Anstalt in Grimma besitzt sogar zwei Nebenräume, von denen der kleinere für Zwecke der Chemie, Aufbewahrung galvanischer Elemente u. dgl. dient. Der gröfsere, etwa 40 qm grofs, wird als Arbeitszimmer benutzt. Dort werden namentlich die Vorbereitungen für den Unterricht getroffen (besonders wichtig, wenn der Unterricht in den Händen mehrerer liegt); dort ist auch die Werkstätte des Lehrers, dort werden jährlich wiederkehrende Arbeiten, das Numerieren der Apparate, das Aus- und Einpacken vorgenommen. Auf diese Art wird auch der Staub von dem Sammlungszimmer selbst möglichst ferngehalten. — Hinsichtlich der Lage giebt der Verf., mit Rücksicht auf den Gebrauch des Sonnenlichts, für das Lehrzimmer der Ost- oder Südseite den Vorzug. Er empfiehlt ferner die Beachtung

folgender Punkte: Die sämtlichen Räume müssen unmittelbar aneinander stofsen; wo mehrere Lehrer thätig sind, wird am besten ein kleiner Raum zwischen Lehr- und Arbeitszimmer eingeschoben; das Sammlungszimmer habe möglichst keine Thür nach dem Corridor, damit der Staub ferngehalten wird; einer der Räume sei, wo Centralheizung besteht, mit besonderem Ofen versehen; der Fufsboden im Sammlungsraum und im Arbeitszimmer sei nicht gedielt, sondern mit Beton bekleidet. — Als ein Versäumnis bezeichnet der Verf. den fast durchgängigen Mangel eines Beobachtungsplateaus für die Himmelskunde; ein solches wird bei künftigen Neubauten nicht vergessen werden dürfen.

Die Länge des Experimentiertisches ist bei Weinhold auf 4 m bemessen, doch haben sich auch Stimmen für eine geringere Ausdehnung erhoben. Der Verf. schliefst sich den letzteren an und führt beachtenswerte Gründe dafür ins Feld, nicht über 1,5 bis höchstens 2 m hinauszugehen; daneben aber sollen zwei weitere bewegliche Tische von gleicher und von halber Länge des Haupttisches vorhanden sein, die im Bedarfsfall leicht herangeschoben werden können. Entbehrlich sei ferner die Wärmvorrichtung, ebenso die Randvertiefung und die Sammelflasche für Quecksilber; statt der letzteren Vorrichtungen sei eine grofse Porzellanwanne oder ein flaches Gefäfs aus Papiermaché (wie für photographische Zwecke im Gebrauch) ausreichend. Auch auf den fahrbaren Ansetztisch mit Schienengeleise sei zu verzichten. Dagegen müsse folgendes festgehalten werden: die kräftige Tischplatte Weinholds mit vorstehendem Rande, die Gaseinrichtung, das Abzugsrohr für schädliche Gase (aufser dem Abzugsschrank!), eine möglichst grofse pneumatische Wanne mit Zu- und Abflufs, endlich die galvanische Leitung nach Weinhold; die dazu gehörige Batterie (am besten Akkumulatoren) ist am einen Ende des Experimentiertisches im unteren Raum unterzubringen, die Schalteinrichtung wird unmittelbar darüber in den Tisch eingesetzt und für gewöhnlich durch ein Schutzbrett verdeckt. Der mittlere Teil des Tisches mufs unten offen bleiben, damit ein Sitzplatz für den Lehrer vorhanden ist. — Die Wand im Rücken des Lehrers und die übrige Umgebung des Tisches ist möglichst zur Unterbringung von Kästen und Schränkchen auszunutzen, damit alle Utensilien sofort zur Hand sind.

Im Lehrzimmer ist ein mäfsiges Ansteigen der Sitze für die Schüler fast allgemein durchgeführt. Es empfiehlt sich, aufser den Seitengängen auch einen Mittelgang frei zu lassen, der den Zutritt zu den Schülern beim Demonstrieren feinerer Objekte erleichtert, auch bei manchen Versuchen ausgenutzt werden kann. — In Bezug auf Verdunkelungseinrichtungen hat der Verf. mit Filzrouleaux schlechte Erfahrungen gemacht, über die er ausführlich berichtet; er hält gut gearbeitete und gut gefugte Holzläden für das geeignetste (ebenso Fr. C. G. Müller); doch erklärt er selbst diese Frage noch nicht für abgeschlossen und weist auf einen Vorschlag Lehmanns (Physikal. Technik S. 39) hin. Eine gute Einrichtung für Wasserzu- und -abflufs sei unumgänglich nötig, weniger erheblich für den Unterricht in der Physik sei der Nutzen von Wasserstrahlgebläse und Wasserluftpumpe.

Ausführlich geht der Verf. auf die Einrichtung des Katalogs ein und macht für die Einteilung wohldurchdachte Vorschläge. Entgegen dem Rat von Kolbe (d. Ztschr. *III 85*) und in Übereinstimmung mit C. Müller (d. Zeitschr. *III 216*) spricht er sich für die Trennung des Vorbereitungsbuches von dem eigentlichen Katalog aus und hält es für zweckmäfsig, aufserdem gleichlautende Anweisungen auf steifen Blättern (wie Lehmann angiebt) direkt zu dem Apparat zu legen, zu dem sie gehören. Die Numerierung der Apparate wird besser als durch Papier- oder Blechschildchen auf den Apparaten selbst mit dick eingeriebener gelber Ölfarbe (oder auch Eisenlack oder Siegellackauflösung) bewirkt. Die Nummer auch an den betreffenden Platz im Schrank anzubringen, wird für Schulkabinette im allgemeinen nicht angeraten.

In einem Anhang macht der Verf. noch Angaben über einen praktischen Batterieumschalter und über Herstellung von Glasbildern zu Projektionszwecken. Beides wird an anderer Stelle der Zeitschrift Berücksichtigung finden.

Es ist schliefslich von Interesse, die Forderungen dieses Programms mit denen des vorher besprochenen zu vergleichen. Obwohl sie aus ganz verschiedenen Verhältnissen her-

vorgegangen, zeigen sie doch in gewissen Punkten volle Übereinstimmung. Es sei hier namentlich hingewiesen auf den dritten (und eventuell vierten) Raum (das sogenannte Arbeitszimmer), auf die Wichtigkeit einer dauernd zur Verfügung stehenden elektrischen Stromquelle, auf den relativen Wert eines Normalverzeichnisses, auf die Notwendigkeit eines reichlichen und festen Etats in ungefährer Höhe der Elberfelder Beschlüsse. *P.*

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Die neuen Volt- und Ampèremeter von Siemens & Halske. Um mit den sehr schwachen Strömen, die durch überseeische Kabel hindurchgehen, noch erkennbare Zeichen geben zu können, benutzte Sir William Thomson bei seinem Siphon-Recorder die Wechselwirkung zwischen den Feldern eines sehr starken Magnets und einer Spule, durch die die sehr schwachen Ströme hindurchflossen. Die beiden Seiten der Spule drehten sich in den engen Lufträumen zwischen den Polen eines kräftigen Magnets und einem Weicheisenstück. Da der Grundkörper der Rolle ein geschlossener Kupferrahmen war, so wurde zugleich eine vorzügliche Dämpfung erzielt. Die gleichen Gedanken wurden zuerst von Deprez und d'Arsonval bei dem Bau der bekannten Spiegelgalvanometer angewandt, bei denen die Ausschlagswinkel proportional der Stromstärke sind. Der Amerikaner Weston verbesserte dieses Instrument erheblich; er gab der beweglichen Spule eine sehr gute Lagerung und wandte Federn von geringer elastischer Nachwirkung an. In neuester Zeit haben Siemens & Halske (A. Raps in der *E. T. Z. XVII 264, 1896*) diese Instrumente weiter vervollkommnet und durch Erreichung einer genauen Proportionalität die empirischen Teilungen überflüssig gemacht.

Fig. 1 zeigt das Normalsystem, das in allen neuen Instrumenten vorhanden ist. Zur Erzeugung des Magnetfeldes dient ein flach gebogener kräftig magnetisierter Stahlstab, dessen beide sich gegenüberstehenden Enden mit halbcylindrisch ausgedrehten Polschuhen versehen sind. Fig. 1 zeigt den Magnet in der Mitte durchschnitten und läfst den auf dem einen Ende sitzenden Polschuh erkennen. Den cylindrischen Raum zwischen den beiden Magnetpolen füllt ein eiserner Hohlcylinder bis auf einen etwa 2 mm breiten ringförmigen Zwischenraum aus, der ein vollkommen gleichförmiges starkes Magnetfeld bildet und die von dem Strome durchflossene Spule aufnimmt. Der dünne Draht der Spule ist um einen leichten Kupferrahmen gewunden, dessen Stahlachse in Edelsteinen gelagert ist. Auf der Achse des Rahmens steckt der lange Aluminiumzeiger, der über der Skala schwebt. Der Strom wird der Spule durch zwei übereinanderliegende flache Spiralfedern zugeführt, die zugleich als Torsionsfedern dienen. Fliefst durch die bewegliche Spule ein Strom, so wird sie durch die Kraftlinien des Magnetfeldes aus ihrer Ruhelage abgelenkt, bis die Kraft der durch die Drehung gespannten Federn der ablenkenden Kraft des Stromes das Gleichgewicht hält. Die verschiedenen Formen der neuen Mefsinstrumente unterscheiden sich nur durch die Windungen der Spule und die Federn; sie zerfallen in zwei grofse Gruppen, in Laboratoriums- und Schaltbrettinstrumente. Die ersteren sind auf einem viereckigen Holzsockel befestigt und mit einer Kappe aus vernickeltem Messingblech bedeckt. Da der Zeiger in einer gewissen, wenn auch geringen Entfernung über der Skala schwebt, so kann man den Fehler der

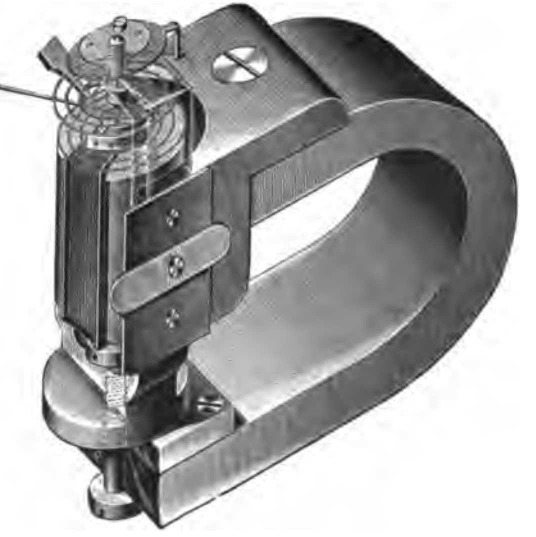


Fig. 1.

Parallachse nur dadurch vermeiden, dafs man während der Ablesung genau senkrecht auf die Skala blickt. Um dies zu ermöglichen ist in die Skala ein Spiegelstreifen eingelegt, in dem sich das messerförmig zugeschärfte Ende des Zeigers spiegelt. Während der Ablesung mufs man die Augen stets so stellen, dafs der Zeiger mit seinem Spiegelbild zusammenfällt.

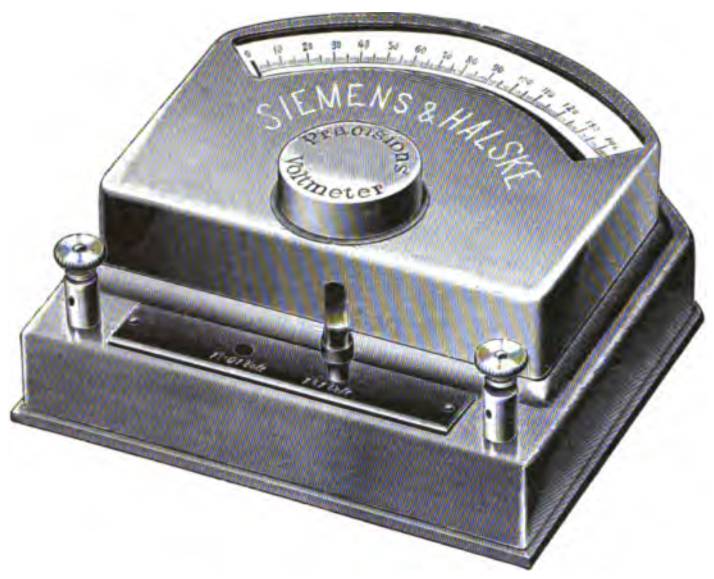
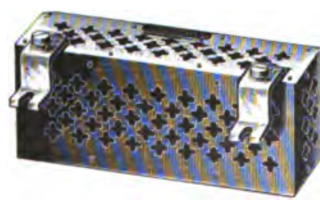


Fig. 2.

Fig. 2 zeigt das Präcisionsvoltmeter für Laboratorien; durch einen Stöpsel können 2 Mefsbereiche eingeschaltet werden, welche bis 3 oder 15 und 150 V. sich erstrecken. Die Instrumente besitzen bei 150 V. einen Widerstand von ungefähr 25000 Ohm, sodafs der Stromverbrauch sehr klein ist. Es werden auch Voltmeter mit 1, 2 und 3 Empfindlichkeitsbereichen hergestellt und Zusatzvorschaltwiderstände geliefert, welche gestatten, den Mefsbereich bis 1500 V. auszudehnen.

Die beiden neuen Milli-Volt- und -Ampèremeter, deren Widerstand 1 und 100 Ohm beträgt, eignen sich wie die bekannten Torsionsgalvanometer zur Messung sowohl von Spannungen als Strömen. Das Milli-Volt- und -Ampèremeter von 1 Ohm Widerstand hat eine Skala von 150 Teilen; einem Teilstrich entspricht die Empfindlichkeit von 0,001 A. oder 0,001 V. Zur Ausdehnung des Mefsbereichs kann man die Vorschaltwiderstände und Nebenschlüsse aus Manganin verwenden, die zu den Torsionsgalvanometern gehören. Um die Handlichkeit der Instrumente noch zu erhöhen, haben Siemens & Halske neue Nebenschlüsse aus Manganinblech gebaut, die man ohne Zuhülfenahme weiterer Drähte sofort einschieben kann. Fig. 3 zeigt einen solchen Nebenschlufs für Stromstärken bis zu 30 A. Der Temperatur-Coëfficient der Milli-Volt- und -Ampèremeter ist 5—6 mal so klein als der des Torsionsgalvanometers, sodafs man ihn bei praktischen Messungen kaum zu berücksichtigen braucht.


Fig. 3.

Um aber auch noch den kleinen Unterschied zu beseitigen, der durch die Ungleichheit der Temperatur-Coëfficienten der Instrumente und des Manganinnebenschlusses vorhanden ist, stellten Siemens & Halske das Präcisions-Volt- und -Ampèremeter mit einem Widerstand von 3 Ohm her. Es besitzt einen Temperatur-Coëfficienten von nur 0,00016, sodafs selbst bei 10° Temperaturunterschied nur ein Fehler von 0,15 % stattfindet. Aufserdem ist das Instrument sehr handlich, da es 6 Mefsbereiche, 3 für Volt- und 3 für Ampèremessungen besitzt, die durch einen Stöpsel eingeschaltet werden. Man kann demnach, ohne einen Vorschaltwiderstand oder einen Nebenschlufs hinzuzufügen, bis 3, 15, 150 V. und bis 0,15, 1,5, 15 A. messen. Durch eine besondere Schaltvorrichtung, die noch durch eine Anregung von Seiten des Herrn Szymański verbessert wurde, ist es gelungen, den veränderlichen Übergangswiderstand, der durch den Stöpsel hervorgerufen werden kann, für die Messung unschädlich zu machen. Die Preise der Instrumente findet man in der Preisliste 5b Juli 1896. *H.-M.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Vorlesungen über die elektromagnetische Theorie des Lichtes. Von H. v. Helmholtz. Herausgegeben von Arthur König und Carl Runge. Mit 54 Figuren im Text. Hamburg und Leipzig, Leopold Vofs, 1897. XII und 370 S. M. 14.

Das uns vorliegende Werk bildet den fünften Band der geplanten Gesamtausgabe der Vorlesungen des grofsen Forschers über theoretische Physik.

Wir müssen den Herausgebern danken, dafs sie uns zuerst mit diesen Vorlesungen bekannt gemacht haben, deren Gegenstand seit den Entdeckungen von H. Hertz im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses steht. Der Leser dieses Werkes wird, selbst wenn er mit dem Gegenstand desselben vollkommen vertraut ist, eine Fülle von Anregungen und neuen Gesichtspunkten finden. War es ja doch ein charakteristisches Merkmal der Helmholtzischen Arbeitsmethode, sich stets alles auf seine eigne Weise zurechtzulegen, auf eignen Wegen zu wandeln. Wenn nun auch diese Wege nicht immer die kürzesten und gangbarsten sind, so wird doch die reiche Belehrung, die unfehlbar aus dem Umstande entspringt, dafs man den Weg unter der Führung eines Helmholtz zurücklegt, für alle Mühe entschädigen.

Nur einen ganz kurzen Abschnitt widmet Helmholtz der Auseinandersetzung der Vorzüge der elektromagnetischen Lichttheorie vor der elastischen Schwingungstheorie. Nur flüchtig weist er auf die Einfachheit der Voraussetzungen hin, auf denen das Lehrgebäude ruht, während ja bekanntlich der immer künstlicher werdende Bau von Hypothesen und Axiomen, dessen die elastische Schwingungstheorie bedarf, dieselbe fast allgemein aufgeben liefs, namentlich seitdem Hertz nachgewiesen hat, dafs die elektrischen Störungen wellenförmig und mit endlicher Geschwindigkeit das dielektrische Medium durchziehen.

Der Schwerpunkt der Helmholtzischen Deduktionen liegt auf der Ableitung und Umformung der Maxwellschen Gleichungen, deren Integration auf die der bekannten Potentialgleichung

$$\Delta \varphi = -4 \pi F(x, y, z)$$

zurückgeführt wird. Diese Gleichungen werden zur Aufstellung der allgemeinen Bewegungsgleichungen des Äthers benutzt, dessen die neuere Theorie leider auch nicht entraten kann, und durch die Integration wird das Grundresultat gewonnen, dafs die periodischen elektrischen und magnetischen Störungen senkrecht aufeinander und auf ihrer Fortpflanzungsrichtung stehen, und sich mit einer der Wurzel der Dielektrizitätsconstante gleichen Geschwindigkeit fortpflanzen.

Es hat auch die neuere Theorie, die keine weiteren Voraussetzungen braucht, als dafs der Äther magnetisierbar und dielektrisch polarisierbar sei, noch manche schwache Seite. Die Theorie der Beugung sowie die der Dispersion, welche Helmholtz auf das Mitschwingen der im Äther verstreuten Ionen zurückführt, machen noch immer den Eindruck des Unfertigen, noch nicht vollkommen Abgerundeten. Dafür hat die elektromagnetische Lichtheorie aber andererseits Vorzüge, die besonders bei den Helmholtzischen Darstellungen mit glänzender Klarheit hervortreten.

Die Theorie der Polarisation, z. B. durch Spiegelung oder Brechung, die zu den wichtigen Fresnel-Neumannschen Formeln führt, ist frei von allen Hilfshypothesen, während bekanntlich besonders Fresnel für die Gewinnung seiner Formeln recht bedenklicher Voraussetzungen bedurfte.

Die Theorie der doppelten Brechung, nach dem Empfinden des Referenten eines der verworrensten und unerfreulichsten Kapitel der elastischen Undulationstheorie, da die Theorie von Fresnel auf Voraussetzungen beruht, die zum Teil sicher falsch sind, die von diesen Voraussetzungen freie Theorie von Cauchy hingegen zu Folgerungen führt, die sich mit der Erfahrung nicht vollkommen decken (es sei an den dritten Strahl erinnert) und höchst künstlich hinweggedeutet werden müssen, ergiebt sich für die elektromagnetische Lichttheorie von selbst durch die „Annahme", dafs die Dielektrizitätsconstante des krystallinischen Medium nach verschiedenen Richtungen verschiedene Werte hat. Helmholtz nennt das eine „Annahme"; man kann hier aber wohl von einer Thatsache reden, da Boltzmann die Verschiedenheit der Dielektrizitätsconstante des krystallisierten Schwefels in verschiedenen Richtungen experimentell nachgewiesen hat. Doch man müfste eine lange Abhandlung schreiben, wollte man die Fülle der Gedanken und Ausblicke, die dieses Werk in sich birgt, auch nur oberflächlich schildern. Der Referent kann jedem, der an das Studium dieses Werkes geht, einen seltenen Genufs vorhersagen.

Die Ausgabe ist nach einem Stenogramm ausgearbeitet. Es ist ein dankenswerter Zug der Pietät, dafs die Herausgeber den ursprünglichen Text so viel wie irgend möglich geschont haben. Wer das Glück genossen hat, in späteren Jahren den Meister zu hören oder sich im Gespräch wissenschaftlichen Rat zu holen, wird bei dem Lesen ganzer Seiten des Buches, bei den zahlreichen spezifisch Helmholtzischen Wendungen und Ausdrücken in die Illusion versetzt werden, den intellectual giant, wie ihn Maxwell einmal genannt hat, noch einmal zu hören. *H. Jahn.*

Lehrbuch der Experimentalphysik. Zu eigenem Studium und zum Gebrauch bei Vorlesungen. Von Professor Dr. Eduard Riecke. I. Band: Mechanik, Akustik, Optik. Mit 368 Figuren im Text. XVI und 418 S. M. 8,—. II. Band: Magnetismus, Elektrizität, Wärme. Mit 247 Figuren im Text. XII und 492 S. M. 10,—. Leipzig, Verlag von Veit & Comp. 1896.

Unter den neuerdings erschienenen Lehrbüchern der Experimentalphysik für Hochschulen nimmt das vorliegende eine in doppelter Hinsicht besondere Stellung ein. Es bietet einerseits eine wirkliche Hochschulphysik, indem es die elementare Darstellungsweise jener meist für eine sehr ungleich vorgebildete Zuhörerschaft berechneten Werke völlig beiseite lässt und wirklich die Physik so behandelt, wie man es im Unterschied zu den vorbereitenden Lehranstalten von der Universität erwarten mufs. Anderseits aber enthält es auch nicht ein blofses Conglomerat des Wissenswürdigsten, sondern es trägt den Stempel einer Persönlichkeit, in deren Geiste der ganze Stoff gleichsam flüssig geworden und umgeschmolzen worden ist; es zeigt eine Art von künstlerischem Gepräge, das die Lektüre dieses Werkes zu einem wahren Genusse macht. Ein besonders günstiger Umstand ist es, dafs der Verfasser die theoretische wie die experimentelle Seite der Physik in gleichem Mafse beherrscht; demgemäfs sind die Beziehungen zwischen beiden mit einer Vollkommenheit zur Darstellung gelangt, wie sie zuvor noch nicht erreicht worden ist. Das Werk ist daher auch nicht blofs für den Hochschulunterricht selbst, sondern in erster Reihe „zu eigenem Studium“ für alle bestimmt, die sich über den gegenwärtigen Stand der Physik gründlich unterrichten wollen.

In einer kurzen Einleitung werden gewisse allgemeine Begriffe erledigt, namentlich auch über Hypothesen und Theorieen finden wir beherzigenswerte Worte. So heifst es von der Theorie der elektrischen Fernwirkungen, obwohl diese als unzureichend bezeichnet wird: „Wir werden demungeachtet nicht auf ihre Benutzung verzichten, da sie in vielen Fällen zu einem kürzeren und bequemeren Ausdruck der Thatsachen führt, als die Theorie der vermittelten Wirkungen.“ Die dann folgende Mechanik wird nicht auf Prinzipien, sondern auf Beobachtungsthatsachen, im Anschlusse an den historischen Gang der Erkenntnis, aufgebaut, dann erst wird das Energieprinzip für rein mechanische Systeme entwickelt und seine Erweiterung vorbereitet. Zu abstrakt, der Kirchhoffschen Mechanik entsprechend, erscheint die Einführung des Massenbegriffs; doch wird dies durch anschauliche Darlegungen über den „Einflufs der Masse auf die Bewegung“ wieder ausgeglichen. Ausführlich behandelt sind u. a. die Kreiselbewegung und Präcession, ferner die Lehre von den Strömungen und Wirbeln, die Grundzüge der Elastizitätstheorie. In der Frage der beiden Mafssysteme werden die Gründe für jedes von ihnen unbefangen gewürdigt, in den Teilen der Physik, die in Beziehung zur Technik stehen, z. B. in der Elastizitätslehre und Wärmetheorie, wird auch das technische Mafssystem benutzt. An die Mechanik angeschlossen ist die Akustik, jedoch unter Ausschlufs der Physiologie der Tonempfindungen. Die theoretische Formel für die Schallgeschwindigkeit wird nicht abgeleitet, wohl aber sind die physikalischen Voraussetzungen für die Ableitung dargelegt. An die Erörterung des Dopplerschen Prinzips sind die schönen Versuche von Mach und Salcher über die photographische Fixierung der Streckwellen angeschlossen. In der Optik, die den Schlufs des I. Bandes bildet, ist besonders die Darstellung der Interferenz und Polarisation von meisterhafter Klarheit; gelegentlich der Beugungserscheinungen werden gewisse Schwierigkeiten des Huyghensschen Prinzips mit seltener Gründlichkeit erledigt; in der Krystalloptik wird ausschliefslich die Wellenfläche selbst benutzt; Probleme der Wellenlehre, die mit den neuesten Spektralforschungen zusammenhängen, kommen am Ende der Optik zur Besprechung.

Im Mittelpunkte des II. Bandes steht die Darlegung des Verhältnisses zwischen der Fernwirkungstheorie und der Maxwellschen Lehre. Mit grofser Pietät steht der Verfasser den Arbeiten von Weber und Gaufs gegenüber, und andererseits weifs er Schritt für Schritt die Gründe für die Annahme physischer Kraftlinien (nach der Bezeichnung Faradays) ins rechte Licht zu setzen. Einzelnes hier hervorzuheben, darauf mufs bei der Reichhaltigkeit des Inhalts, dem eine Fülle eigens hergestellter graphischer Darstellungen zur Veranschaulichung dienen, verzichtet werden. Erwähnt sei nur, dafs sowohl die elektromagnetische Lichttheorie, als auch die neuere Elektrochemie in besonderen Abschnitten behandelt werden. — In der Wärmelehre sind, nächst Thermometrie und Kalorimetrie, nicht nur die beiden Hauptsätze der Thermodynamik eingehend behandelt, es ist auch dem thermodynamischen Potential, dem Gleichgewicht heterogener Systeme und den damit zusammenhängenden Untersuchungen ein gröfserer Abschnitt gewidmet. Wärmeleitung und -strahlung machen den Beschlufs. In einem Anhang ist noch eine Reihe von Betrachtungen mehr mathematischer Art und von Ergänzungen zusammengestellt.

Wenn nach dem Gesagten das Werk den Fachgenossen zur eigenen Weiterbildung aufs wärmste empfohlen werden kann, so ist es überdies auch, trotz seines hochschulmäfsigen Charakters, voll von unmittelbaren Anregungen für den Schulunterricht. Beispiele hierfür bieten aus Band I die einfachen

Maschinen und die Bemerkungen zum freien Fall, aus Band II die methodisch interessante Auswahl der Fundamentalversuche. Auch die Frage, welche Gebiete dem Unterricht der Mittelschulen zuzuweisen, und welche der Hochschule vorzubehalten sind, wird sich von dem hochbelegenen Standpunkte aus, den dies Buch einnimmt, mit gröfserer Sicherheit als bisher beantworten lassen. *P.*

Die Lehre von der Elektrizität. Von Gustav Wiedemann. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage (zugleich vierte Auflage der Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus). Dritter Band. Mit 320 Holzstichen. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1895. VIII u. 1139 S. M. 28.

Der vorliegende Band umfafst die Elektrodynamik, den Elektromagnetismus und das magnetische Verhalten schwach magnetischer und diamagnetischer Körper, insbesondere auch die Beziehungen des galvanischen Stromes und des Magnetismus zum Licht und zur strahlenden Wärme. Die Litteratur ist bis zum Anfang des Jahres 1895 berücksichtigt, das Werk liefert somit gleichzeitig eine übersichtliche Darstellung der Fortschritte der Physik auf dem behandelten Gebiete. Nachträge am Schlusse des auf fünf Bände angelegten Werkes werden diese Übersicht noch bis zu dem dann erreichten Zeitpunkt vervollständigen. Die Klarheit und Zuverlässigkeit der in dem Werke enthaltenen zusammenfassenden Berichte sind zu allgemein anerkannt, als dafs es einer weiteren Empfehlung bedürfte. *P.*

Vorlesungen über mathematische Physik. Von Gustav Kirchhoff. I. Band: Mechanik. Vierte Auflage, herausgegeben von W. Wien. Mit 18 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner, 1897. X und 464 S. M. 13.

Die fundamentale Bedeutung dieser Mechanik ist seit dem Erscheinen der ersten Auflage (1876) allgemein gewürdigt worden, der ihr eigentümliche Begriff der Naturbeschreibung ist in der Wissenschaft, nicht ohne anfänglichen Widerspruch, zu nunmehr fast unbestrittener Geltung gelangt. In sachlicher Hinsicht der Abschlufs einer grofsen Periode der Physik, bezeichnet das Werk gleichzeitig in formaler Hinsicht den Beginn einer neuen Ära. Es wird daher immer wieder gelesen und studiert werden. Der Herausgeber hat sich darauf beschränkt, unbedeutende Unrichtigkeiten, von denen eine Anzahl bereits von dem verewigten Verfasser angemerkt war, zu verbessern. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen zu Frankfurt a. M.

Vom 22. April bis 5. Mai 1897.

Der Kursus, den der Physikalische Verein zu Frankfurt a. M. auf Veranlassung des Königl. Unterrichts-Ministeriums im Anschlufs an die Osterferien veranstaltete, wurde am 22. April in Gegenwart des Herrn Oberbürgermeisters Adickes, des Herrn Dir. Schwalbe als Vertreters des Ministeriums u. a. nach einer Ansprache des Vereinsvorsitzenden vom Königl. Provinzial-Schulrat Herrn G.-R. Dr. Lahmeyer eröffnet. Als Teilnehmer hatten sich 33 — meist ältere — Herren aus allen Provinzen der Monarchie (aufser Schleswig-Holstein) eingefunden.

Im Mittelpunkte des Kursus standen die elektrotechnischen Vorlesungen des Herrn Dr. Epstein, an welche sich für 20 Herren — in 4 Gruppen geteilt — jedesmal praktische Übungen anschlossen. In der ersten Hälfte der Vorlesungen wurden die allgemeinen Begriffe besprochen: Stromrichtung und Stromstärke für Gleichstrom und Wechselstrom, für letzteren die Beziehung zwischen Momentan- und Effektivwerten, Spannung und Widerstand, und schliefslich das Ohmsche Gesetz in seiner unerschöpflichen Anwendbarkeit. Darauf folgte eine fesselnde schulmäfsige Behandlung der magnetischen Kraftlinien und den Schlufs bildeten Betrachtungen über Induktion, Selbstinduktion, scheinbare und effektive Watt, sowie über das Verhalten von Gleichstrom-, Wechselstrom- und Drehstrom-Motoren im Betriebe, zum Teil durch Bremsversuche höchst anschaulich illustriert.

Bei den Übungen erhielten die einzelnen Gruppen, die unter Führung je eines Assistenten arbeiteten, verschiedene Aufgaben zuerteilt: so wurden Ampèremeter und Voltmeter geaicht, die Widerstände dieser Apparate sowie von Trockenelementen und Dynamowicklungen bestimmt, Wechselstromkurven aufgenommen etc. Bei diesen Übungen wurde grofses Gewicht darauf gelegt, dafs die Praktikanten selbst die geeigneten Methoden herausfanden, passende Instrumente und Elektrizitätsquellen in Vorschlag brachten und vor allem zunächst eine Schaltungsskizze anfertigten. Bei Beginn wurden stets die Aufgaben und Resultate des vorigen Tages von Herrn Dr. Epstein mit allen Gruppen gemeinschaftlich besprochen.

Herr Prof. W. König las über die Abbeschen Versuche, welche beweisen, dafs infolge der auftretenden Beugungserscheinungen auch die vollkommensten optischen Instrumente, sowohl Fernrohre wie Mikroskope, eine Grenze der Leistungsfähigkeit haben; ferner behandelte derselbe die Luminescenzerscheinungen, d. h. die Fälle, wo ein Körper Strahlen aussendet, die seiner Temperatur nicht entsprechen: dahin gehören Fluorescenz, Phosphorescenz, Kathodenstrahlen, Röntgenstrahlen etc. Eine Vorlesung war speziell den Tesla-Versuchen gewidmet, eine andere der Vorführung und Besprechung neuer Schulapparate. (Ein Teil von diesen wird demnächst in der Zeitschr. ausführlicher beschrieben werden.) Im Anschlufs daran führten zwei Teilnehmer, die Herren Wernecke-Frankfurt a. O. und Geschöser-Öls, Versuche und selbstconstruierte elektrische Apparate vor, deren Beschreibung die Herren sich selbst vorbehalten haben (vergl. dieses Heft S. 191 und 192).

Herr Prof. Dr. Rosenberger gab in 5 Vorlesungen eine fesselnde Übersicht über die Entwicklungsgeschichte der elektrischen Prinzipien von Gilbert und Guericke an bis zu Faraday und Hertz.

Herr Prof. Dr. Freund hielt eine Vorlesung über Argon und Helium, eine andere über osmotischen Druck, van 't Hoffs Theorie der Lösungen und die neueren Methoden zur Bestimmung des Molekulargewichts (vgl. Lüpke, ds. Ztschr. *VIII 133 ff.*); aufserdem wurden die Fortschritte auf dem Gebiete der Verflüssigung der Gase besprochen und den Hörern Gelegenheit gegeben, selbst Experimente mit fester Kohlensäure auszuführen. Von grofsem Interesse war ferner eine Übersicht über die Anwendung der Elektrizität in der chemischen Industrie, die zum Teil durch Experimente veranschaulicht wurde. Die letzte chemische Vorlesung behandelte das Acetylen, dem der Herr Vortragende eine grofse Bedeutung beilegte und dessen Vorzüge bei Anwendung passender Brenner derselbe buchstäblich „in das hellste Licht setzte“.

Herr Dr. Lepsius, früher Docent des Physikalischen Vereins, jetzt Direktor der chemischen Fabrik Griesheim, sprach über die Erfindung und die Entwicklung des Schiefspulvers und schlofs daran eine von Experimenten begleitete Übersicht der modernen Explosivstoffe.

Herr Dr. Rössler leitete den Besuch der Gold- und Silberscheideanstalt ein durch einen historischen und theoretischen Überblick über die verschiedenen Arten der Goldgewinnung bis hinauf zu dem elektrolytischen Verfahren, welches in der genannten Anstalt zu so hoher Vollendung gebracht ist.

Als Vorbereitung für den Besuch der Wasserwerke war ein Vortrag des Herrn Ingenieurs Bender (vom Städt. Tiefbauamt) willkommen, der nach einer allgemeinen Orientierung über die Wasserverhältnisse Frankfurts einerseits und über die modernen Dampfmaschinen andrerseits eine spezielle Beschreibung der städtischen Pumpstation Hinkelstein gab. Am Nachmittag wurde diese selbst besucht und nach eingehender Besichtigung der imponierenden Maschinen- und Heizanlagen einige Indikator-Diagramme von Maschinen und Pumpen aufgenommen.

Die Bewunderung für die maschinellen Anlagen steigerte sich noch bei dem Besuch des Städtischen Elektrizitätswerkes, das seit Oktober 1894 in Betrieb ist. Vier gewaltige „Dampfdynamomaschinen“, für welche 12 Kessel zur Verfügung stehen, erzeugen hier einen Wechselstrom von 3000 Volt Spannung, der in 9 Hauptleitungen der Stadt zugeführt und durch 125, in unterirdischen Schächten angebrachte Transformatoren auf die Gebrauchsspannung von ca. 120 Volt reduziert wird. Die Maschinen des Elektrizitätswerkes verbrauchen täglich ca. 1 Doppelzentner Schmieröl. Für Kraftzwecke wird der Strom billiger berechnet als für Beleuchtung und häufig ist auch — wegen der vielen angeschlossenen Betriebe — der Konsum bei Tage grösser als des Abends.

Ein Hauptkonsument des städtischen Wechselstroms ist die berühmte Gold- und Silberscheideanstalt, wo der Strom, in Gleichstrom umgewandelt, mit 250 Amp. auf die goldhaltigen Silberanoden wirkt; die Maximalleistung der Anstalt sind 1000 kg Silber in 24 Stunden. Auch die Glanzgoldtechnik, Höllensteinfabrikation etc. wurden von Herrn Dir. Rössler in liebenswürdigster Weise vorgeführt.

Höchst belehrend und genufsreich war ferner der Besuch der chemischen Fabrik Griesheim. Die organische Abteilung wurde unter Führung des Herrn Dir. Dr. Lepsius durchwandert, der von den Lagerräumen für die Rohmaterialien beginnend — mit 12 Kesseln zu 50 000 l und 4 Kesseln zu 100 000 l — die Herstellung von Benzol und Toluol, Nitrobenzol etc. in anschaulicher Weise vorführte. Die Säure- und Soda-Abteilung erläuterte ebenfalls der Herr Spezialdirektor. Ein Bild von der Grofsartigkeit des Betriebes bieten folgende Zahlen: der tägliche Bedarf beträgt 75 000 kg Schwefelkies, 30 000 kg Salpeter, 6000 Ctr. Kohlen. Den Schlufs der Besichtigung bildete ein vom Aufsichtsrat und der Direktion gebotener Imbifs.

Am letzten Tage besuchte ein Teil der Herren die Fabrik elektrischer Maschinen von Lahmeyer & Co., die übrigen die Höchster Farbwerke. Hier gab Herr Dr. von Brüning zunächst durch Vorlage grofser Zeichnungen einen Überblick über das Etablissement, das eine kleine Stadt für sich bildet (die Dampfkessel haben zusammen 2 Morgen Heizfläche); er führte die Besucher sodann durch die Speise- und Baderäume der Arbeiter, in die Färberei, in die Nitraginabteilung, wo

die neuerdings zu so hoher Bedeutung für die Leguminosen-Kultur gelangten Bakterien gezüchtet werden, und schliefslich wurde als Hauptpunkt des Programms die Serumabteilung eingehend besichtigt. Der leitende Fachmann hatte die Freundlichkeit, in einem überaus klaren, erläuternden Vortrage alle Einzelheiten bei der Darstellung des Heilserums aus dem Blut der geimpften Pferde zu besprechen und bezügliche Demonstrationen vorzuführen.

Aufser den bisher genannten Etablissements hatten noch die Lithographische Anstalt von Werner & Winter sowie die Kleyersche Fahrradfabrik die Teilnehmer des Kursus freundlichst zu sich geladen. Die Herren, welche an den elektrotechnischen Übungen nicht teilnahmen, folgten diesen Einladungen und besuchten an den andern Tagen unter sachverständiger Führung den Palmengarten, das Senckenbergische Museum etc., auch wurden Übungen im Mikroskopieren vorgenommen.

Am ersten Sonntag wurde bei herrlichem Wetter ein Ausflug in die Bergstrafse, am zweiten in den Taunus unternommen, beide unter der Führung des unermüdlichen Leiters des Kursus, Herrn Dir. Dr. Bode, dem alle Teilnehmer zu gröfstem Danke verpflichtet sind.

Nachdem am Abend vorher alle auswärtigen und Frankfurter Teilnehmer, sowie viele Freunde der Sache sich zu einem gemütlichen Abschiedsessen vereinigt, erfolgte der offizielle Schlufs des Kursus am 5. Mai nachmittags. Die Teilnehmer nehmen aus den anstrengenden Tagen eine reiche Fülle von Anregungen mit sich und bleiben allen beteiligten Kreisen, einzelnen Personen sowohl wie Behörden, Vereinen und Firmen für ihr liebenswürdiges Entgegenkommen zu lebhaftem Danke verpflichtet. *Fordemann* (Berlin-Charlottenburg).

Naturwissenschaftlicher Ferienkursus in Göttingen
vom 22. April bis 4. Mai 1897.

Am diesjährigen Ferienkursus nahmen 18 Herren Teil und zwar aus der Provinz Hannover 7, Westfalen 4, Hessen-Nassau 2, Rheinprovinz 3, Sachsen 1, aus Schwarzburg-Rudolstadt 1. Der Kursus wurde am 22. April in der Universitätsaula durch eine Ansprache des Herrn Geheimrats Prof. Dr. Ehlers eröffnet. Es wurden folgende Vorträge, meist vierstündig, gehalten:

1. Dr. Ambronn, über einfache geodätische Operationen mit Demonstrationen. Die neueren Instrumente und einige häufig vorkommende Methoden der topographischen Aufnahme, insbesondere die Handhabung der verschiedenen Prismen- und Spiegelinstrumente, die Aufnahme mittels Mefstisch, das Tachymeter und sein Gebrauch sowie das rechtwinklige Planimeter wurden erläutert und demonstriert. Auch die wichtigsten astronomischen Instrumente wurden besprochen und bei einem Rundgange durch die Sternwarte der Gebrauch der gröfseren derselben, der Durchgangsinstrumente, der äquatoreal montierten Fernröhre und des Heliometers erklärt.

2. Prof. Behrendsen, über das Energieprinzip im physikalischen Unterricht an höheren Schulen. Der Vortragende bezeichnete die Grundsätze, welche Grimsehl in seiner „Einleitung in die Physik“ (Beilage zum Programm der Realschule in Cuxhaven 1896) für den Anfangsunterricht auf der Unterstufe aufgestellt hat, als sehr beherzigenswert und wünschte, dafs auch schon hier dem Energieprinzip ein weiteres Feld eingeräumt würde insofern, als aus demselben der Kraftbegriff entwickelt werden solle. Für die Oberstufe sei in der IIa mit Mechanik zu beginnen. Hier könne sofort unter Zuhülfenahme der Erscheinungen des täglichen Lebens mit dem Energiebegriffe angefangen werden, wobei die kinetische Energie, insofern sie in der Geschwindigkeit der bewegten Masse ihren Ausdruck finde, direkt auf die wesentlichsten Bewegungsformen überleite. Die herkömmlichen Ansichten über die gleichförmig beschleunigte Bewegung, über die Verwendung der Fallmaschine wurden einer kritischen Beleuchtung unterworfen, die Einführung des Kraftbegriffes unter Voraussetzung der erfahrungsmäfsig entwickelten Vorstellung über die Energie wurde im einzelnen durchgeführt und das Prinzip der Erhaltung der Energie, der Übergang der verschiedenen Energieformen an vielen Beispielen erläutert, wobei auch der Zerlegung in die sogenannten Energiefaktoren ein gewisser Wert eingeräumt wurde; die dabei in Frage kommenden Gesetze wurden an Ausdehnungsarbeit, an der kinetischen Energie beim Stofse, an der potentiellen Energie von Flüssigkeitsmengen nachgewiesen. Vor allem wurde aber gezeigt, wie in der gesamten Mechanik mit Zuhülfenahme der Energiegesetze, besonders des Prinzips von der Erhaltung der Energie, die Probleme sich mit grofser Leichtigkeit lösen und verständlicher geben lassen. In der Wärmelehre solle von dem Begriff der Wärme als kinetischer Energie der Moleküle sofort ausgegangen und demgemäfs die gesamte Wärmelehre gleichsam als mechanische Wärmetheorie aufgefafst werden. Es wurde durchgeführt, wie von diesem Gesichtspunkte aus sich die wesentlichsten Erscheinungen darstellen lassen, wie Wärmeleitung, -Strahlung, Ausdehnung und Änderung des Aggregatzustandes, wobei speziell auf die Ausdehnungsarbeit der Gase sowie auf die Erscheinungen der Verdunstung, der Verdichtung der Gase,

des kritischen Zustandes derselben im Lichte der kinetischen Theorie eingegangen wurde. Besondere Sorgfalt wurde auf den ersten Hauptsatz der mech. Wärmetheorie verwandt, die elementaren Methoden zur Ermittelung des Wärmeäquivalents besprochen und auf Kreisprozesse mit Berücksichtigung der Dampfmaschine hingewiesen, jedoch hervorgehoben, dafs der zweite Hauptsatz sich naturgemäfs nicht für Behandlung auf der Schule eigne. Die Deutung der Energiefaktoren von Seiten Helms in der Wärmelehre wurde als unbefriedigend bezeichnet. Wegen der Kürze der Zeit konnte die Energielehre in der Elektrizität nur beschränkte Darlegung finden. Die Bedeutung der Energiefaktoren in ihrer Beziehung zur Mechanik, die den hydrostatischen Energievorgängen völlig parallelen Erscheinungen bei der Influenz, speziell beim Kondensator, Stromarbeit, Biot-Savartsches Gesetz, Ohmsches Gesetz wurden vom energetischen Standpunkt kurz behandelt und die Beziehung zwischen äufserer und innerer Arbeit des Stromes durch ein sehr einfaches Experiment erläutert[1]). An den Vortrag schlofs sich eine kurze Besichtigung der physikalischen Sammlung des Gymnasiums.

3. Prof. Nernst, die neueren Theorieen der galvanischen Stromerzeugung. In dieser Vorlesung, die in dem neuen physikalisch-chemischen Institut gehalten wurde, wurde die osmotische Theorie des elektrischen Stromes besprochen und durch zahlreiche Versuche begründet. Im Anschlufs an die Dissociationstheorie von Arrhenius, dafs Stoffe, die in wässeriger Lösung die Elektrizität leiten, in Ionen gespalten sind, wurde zunächst die Potentialdifferenz zwischen zwei verschieden conzentrierten übereinander geschichteten Lösungen desselben Elektrolyten durch die verschiedene Geschwindigkeit, mit der sich die Ionen bewegen, erklärt und gezeigt, dafs dadurch in dem einen Teil der Lösung die Anionen, im andern die Kationen im Überschufs auftreten. Die bei der Berührung von Metallen und Lösungen auftretende Potentialdifferenz wird erklärt durch den osmotischen Druck und eine als Lösungstension bezeichnete Kraft. Ein Metallstab z. B. *Ag* wird in einer Lösung ohne *Ag*-Ionen negativ, denn es gehen positive *Ag*-Ionen in Lösung, weil die Lösungstension P gröfser ist als der osmotische Druck p. Taucht man aber einen zweiten *Ag*-Stab in $Ag\,NO_3$, so ist $P_1 < p_1$, also scheiden sich positive *Ag*-Ionen ab, und der *Ag*-Stab wird positiv. Man kann so ein Element bilden, in welchem beide Pole Silber sind. Fällt man aus der ersten Lösung die in Lösung gegangenen *Ag*-Ionen aus und verkleinert dadurch p, oder macht die zweite $Ag\,NO_3$-Lösung conzentrierter, vergröfsert also p, so wächst die elektromotorische Kraft des Elementes. In entsprechender Weise wird die Erklärung des Daniell-Elementes gegeben. Bei *Zn* in H_2SO_4 ist $P > p$, bei *Cu* in $Cu\,SO_4$ ist $P_1 < p_1$, also wird *Zn* negativ, *Cu* positiv. In ähnlicher Weise wie beim *Ag*-Element kann auch hier durch Änderung der Conzentration der Lösungen eine Änderung der elektromotorischen Kraft bewirkt werden. Bringt man *Zn* in $Zn\,SO_4$-Lösung, *Cu* in verdünnte $Cu\,SO_4$-Lösung und bringt in letztere *KCN*, so bildet sich das complexe Kaliumkupfercyanid, p_1 wird viel kleiner als P_1 und deshalb wird *Cu* zum negativen Pol. Weiter wurde die Änderung der Oberflächenspannung von *Hg* durch Polarisation und die Umkehrung dieses Vorgangs, sowie die Potentialdifferenz zwischen *Hg* und verschiedenen Lösungen besprochen und demonstriert. Zur Demonstration wurde ein sehr empfindliches Szymanskisches Galvanometer benutzt, dessen Spiegel das Bild eines Glühlämpchens auf eine Skala wirft. An die Vorlesung schlofs sich ein Gang durch das physikalisch-chemische Institut, dessen Räume, Einrichtungen und Apparate unter Führung des Herrn Prof. Nernst einer eingehenden Besichtigung unterzogen wurde. Es ist wohl von Interesse, dafs fast die gesamte Ausrüstung aus deutschen Werkstätten hat bezogen werden können, was noch vor 20 Jahren nicht möglich gewesen wäre. Im Anschlufs an die Besichtigung wurde noch die Darstellung von Calciumkarbid im elektrischen Ofen und ein Versuch über die Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen von Kaliumpermanganat gezeigt.

Einige der Teilnehmer des Kursus erhielten die Erlaubnis, im Institute selbst einige Versuche anstellen zu dürfen und wurden darin von Herrn Prof. Nernst und seinem Assistenten Herrn Dr. Dolezalek in freundlichster Weise unterstützt. Es wurde zuerst eine Reihe von elektrischen Messungen ausgeführt und dann einige der in der Vorlesung vorgeführten Versuche wiederholt.

4. Prof. W. Voigt, über physikalische Eigenschaften der Krystalle. Zunächst wurden die Krystalle nach ihrer physikalischen Symmetrie, wie sie aus den Wachstumsverhältnissen erschlossen wird, charakterisiert. Die „Eigenschaften" der Krystalle werden dann als die Effekte definiert, die durch ausgeübte Einwirkungen entstehen. Der Vortrag beschränkte sich auf die Betrachtung homogener Einwirkungen und homogener Effekte. Weiter werden skalare, vektorielle und trivektorielle Zustände unterschieden, von denen die ersten durch einen Skalar (z. B. Temperatur), die zweiten durch

[1]) Anm. d. Red. Wir halten die Grundauffassung dieser Vorträge, die selbst in der Wissenschaft nicht unbestritten Geltung hat, nicht für schulmäfsig, und können daher der Empfehlung eines dem entsprechenden Lehrgangs für den Unterricht nicht zustimmen.

einen Vektor (z. B. elektr. Feldstärke), die dritten durch ein Vektortripel (z. B. elastische Spannungen) bestimmt sind; dabei sind ein- und zweiseitige Vektoren zu unterscheiden. Danach ergiebt sich folgende Gruppierung der wichtigsten Eigenschaften: a) Wechselwirkung zwischen einem Skalar und einem Vektor: Pyroelektrizität und reciproke Erwärmung pyroelektrischer Krystalle im elektrischen Felde, demonstriert am Turmalin. b) W. zwischen 2 Vektoren. Es wird die elektrische Influenz diëlektischer Krystalle an der Einstellung einer Kugel zwischen Condensatorplatten, die magnetische Influenz para- und diamagnetischer Krystalle an der Einstellung von Kugeln zwischen Magnetpolen, die Elektrizitätsleitung in Krystallen an der Einstellung einer Quarzkugel im Wechselfelde, die Wärmeleitung durch Darstellung der Isothermen einer Platte bei verschiedener Zuleitung, endlich die Thermoelektrizität in Krystallen und die dazu reciproken elektrothermischen Effekte demonstriert. — c) W. zwischen einem Skalar und einem Vektortripel. Hierher gehört die thermische Deformation und die reciproke adiabatische Erwärmung, die durch thermische Winkeländerung der Krystalle demonstriert wird. — d) W. zwischen Vektor und Vektortripel, Piëzoelektrizität, und die reciproke elektrische Deformation. Die Elektrizitätserregung in einseitig gepressten Prismen wird demonstriert, allgemeinere Vorgänge durch Modelle erläutert und der Zusammenhang von Pyro- und Piëzoelektrizität besprochen. — e) W. zwischen Vektortripeln: diese umfafst die Erscheinungen der Elastizität, die an der Deformation eines rechteckigen Prismas bei einseitigem Druck demonstriert werden, während für allgemeinere Vorgänge Modelle vorgelegt werden. Die Erscheinungen der Härte und Festigkeit, die weiter behandelt werden, lassen sich nicht in dieses Schema einreihen, weil sie überhaupt analytisch noch nicht fafsbar sind. Dagegen lassen sich die optischen Eigenschaften der Krystalle nach Gefallen den elastischen oder elektromagnetischen subsumieren; sie stellen nur complizierte Wirkungen der oben in einfachsten Verhältnissen betrachteten Ursachen dar. Eine Weiterführung der oben gegebenen Reihe wäre noch in der Weise möglich, dafs die gleichzeitigen Wirkungen mehrerer Ursachen, die sich nicht einfach superponieren, zusammengestellt werden. Diese sind jedoch noch wenig untersucht.

5. Dr. Wachsmuth, über Gasentladungen, Kathodenstrahlen und Röntgenstrahlen. Zunächst werden neuere Versuche über Gasentladungen demonstriert und zwar werden erstens nach J. J. Thomson Röhren ohne Elektroden durch Tesla-Induktion bei einer kritischen Verdünnung zum Leuchten gebracht. Die Schirmwirkung zweier gleich guter Leiter ermöglichte die Bestimmung der enorm hohen molekularen Leitfähigkeit verdünnter Gase. Zweitens wurden luftgefüllte Röhren mit Elektroden, die mit einem Induktorium verbunden waren, an der Luftpumpe bis zum Auftreten der Kathodenstrahlen leergepumpt, um die Reihenfolge der Leuchterscheinungen zu zeigen, und dann die Eigenschaften der Kathodenstrahlen demonstriert. Von neu gefundenen Erscheinungen wurden die von Goldstein entdeckten „Kanalstrahlen", die durch den Magneten nicht abgelenkt werden, sowie die Färbung von Salzen durch Kathodenstrahlen gezeigt. Auch gelang es, Dank einer von Prof. Des Coudres ersonnenen (noch nicht publizierten) Einrichtung, die Lenardschen Strahlen beliebig lange Zeit in freier Luft zu erhalten, sodafs einige der Lenardschen Versuche mit Leichtigkeit wiederholt werden konnten. Weiter wurden die bekannten Versuche mit Röntgen-Strahlen gemacht, die Entladung eines Elektroskops durch ionisierte Luft nach Röntgen bewirkt, nach J. J. Thomson und Rutherford dieselbe, wie bei einem sehr verdünnten Elektrolyten, durch Einführung zweier Elektroden unterbrochen. Umgekehrt wurde mit einer Elektrisiermaschine künstliche Röntgenluft aus positiv und negativ geladener Luft zusammengesetzt. Schliefslich wurde die photographische Wirkung der Flufsspat- und Uranstrahlen gezeigt. Für die entladende Wirkung des Uranmetalls wurde als mögliche Analogie die entladende Wirkung von Phosphor sowie deren Verhinderung durch Dämpfe von Terpentinöl vorgeführt. An diese physikalischen Vorträge schlofs sich eine Besichtigung des physikalischen Instituts und seiner Apparatensammlung.

6. Prof. F. Klein, Demonstration neuerer mathematischer Modelle und Unterrichtshülfsmittel. Im Sammlungszimmer für mathematische Instrumente und Modelle demonstrierte Prof. Klein die neueren Apparate, nachdem er in einem Vortrage einen zusammenfassenden Überblick über diese Apparate, ihre Construktionsprinzipien und ihre Anwendung gegeben hatte.

7. Prof. Berthold, über neuere Ergebnisse der physiologischen Botanik mit Demonstrationen im pflanzenphysiologischen Institut und im botanischen Garten.

8. Prof. v. Könen, über neuere Anschauungen über den Bau des Harzes und neuere Probleme der Geologie mit Demonstrationen.

9. Prof. H. Wagner, über kartometrische Methoden in ihrer verschiedenen Anwendung mit Demonstrationen.

Im Anschlufs an die Vorträge 7 und 8, wurden eine botanische und zwei geologische Exkursionen in die Umgebung Göttingens unternommen. *Dr. E. Götting (Göttingen).*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Neue Doppelfernrohre für den Handgebrauch (Feldstecher und Relieffernrohre).

(D.R.P. 76735 und 77806.)

Von Carl Zeiss, optische Werkstätte in Jena.

Für die Construktion dieser bequem zu handhabenden Doppelfernrohre von mittlerer, d. h. vier- bis zehnfacher, Vergröfserung waren folgende Anforderungen mafsgebend: erstens wesentlich gröfseres Sehfeld zu gewinnen, als für die betreffenden Vergröfserungen mit dem Galileischen (holländischen) Fernrohre erreichbar ist, und ohne die unbequeme, den Gebrauch in jeder Hinsicht erschwerende Verlängerung der Rohre andrerseits, welche die Anwendung sogenannter terrestrischer Okulare mit sich bringt, und zweitens, die Objektive des Doppelfernrohres auf gröfseren Abstand auseinanderzurücken, als die Augenweite des Beobachters und der durch diese gegebene Abstand der Okulare beträgt — zu dem Zwecke, die Plastik der mit den Fernrohren gesehenen Bilder entfernter Objekte zu steigern. Da wirklich zweckmäfsige Handfernrohre von mehr als vierfacher Vergröfserung bisher fehlten und trotz zweihundertjähriger Bemühungen weder nach dem Bauplane des Galileischen noch des terrestrischen Fernrohres hergestellt werden konnten, so wird durch diese Erfindung einem seit langer Zeit beklagten Übelstande endgültig abgeholfen.

Eine eingehende Erläuterung der neuen Instrumente ist von dem wissenschaftlichen Mitarbeiter der Zeissschen Werkstätte, Herrn Dr. S. Czapski in seinem Vortrage „über neue Arten von Fernrohren insbesondere für den Handgebrauch“ (Berlin, Leonhard Simion, 1895) gegeben. Hier sei nur mitgeteilt, dafs dieselben im Prinzipe astronomische Fernrohre sind, zu welchen zum Zwecke der Aufrichtung der von solchen gelieferten umgekehrten Bilder ein System von Spiegeln hinzugefügt ist. Letzteres mufs überdies folgenden Bedingungen genügen: 1. es darf keine Ablenkung der Sehrichtung verursachen, 2. die Reflexionen müssen zur Vermeidung von Lichtverlust sämtlich totale sein, woraus die Anwendung von Spiegelprismen folgt, und 3. die Brechungen der in die Prismen ein- und aus ihnen austretenden Strahlenbüschel müssen für die Achsen unter senkrechter Incidenz erfolgen zur Vermeidung excentrischer Aberrationen. Diesen Bedingungen wird nun durch eine Combination von vier gleichschenklig rechtwinkligen Glasprismen, deren Hypotenusenflächen in bekannter Weise die unter Winkeln von 45° auffallenden Lichtstrahlen total reflektieren, entsprochen. Um die bildaufrichtende Wirkung zu erklären, verweist Herr Czapski auf die Theorie der rechtwinkligen Winkelspiegel, welche zwar congruente, aber derart gedrehte Bilder geben, dafs je nach der Lage der Spiegelkante nur Rechts und Links oder nur Oben und Unten vertauscht sind. Nun bilden bei der gewählten Anordnung die Hypotenusenflächen der vier Prismen zwei derartige und zwar zu einander rechtwinklig gekreuzte Winkelspiegel; sie bewirken daher einmal eine Umkehrung von Rechts und Links, das andere Mal von Oben und Unten, d. h. zusammen eine vollständige Aufrichtung des umgekehrten Fernrohrbildes.

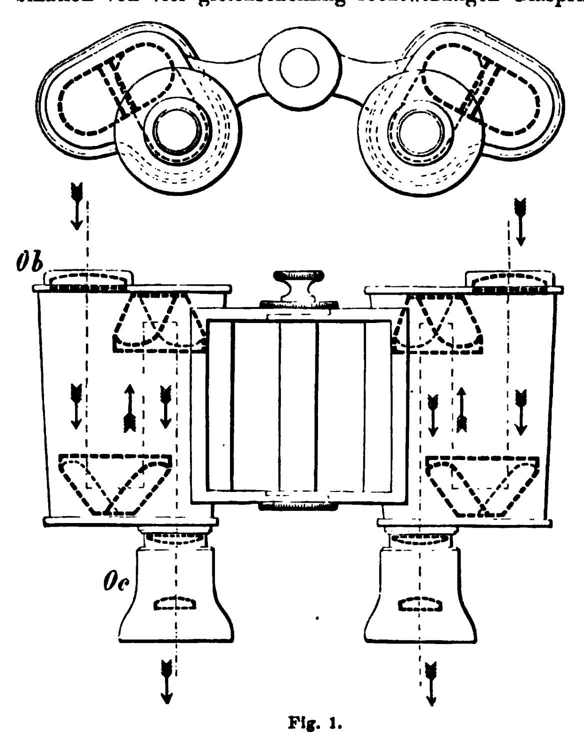


Fig. 1.

Eine Anbringung dieses Spiegelapparates zwischen Objektiv und Okular, also im Inneren des Rohres würde wegen der vielfachen Übergänge zwischen Luft und Glas die Lichtstärke vermindern. Durch zweckmäfsige Verbindung der Prismen zu Prismenkörpern und Anbringung derselben an den Rohrenden, wo sie — weil sphärisch geschliffen und daher das Licht brechend — gleichzeitig die Linsen ersetzen, konnte auch hierfür Abhilfe geschaffen werden.

Die beiden nebenstehenden Abbildungen, welche die Prismenanordnung und den Gang der Lichtstrahlen in den Zeissschen Fernrohren schematisch zeigen, (und zwar Fig. 1 im Feldstecher, Fig. 2 im Relieffernrohr) lehren gleichzeitig, dafs infolge der mehrfachen Reflexionen die ins Auge austretenden Strahlen zwar den auf das Objektiv auffallenden parallel, aber mehr oder minder

gegen dieselben verschoben sind, derart, dafs eine seitliche Versetzung der Okular- gegen die Objektivachse eintritt. Hierauf beruht, falls zwei Rohre zum binokularen Gebrauche verbunden werden, dafs zwischen den Objektiven ein gröfserer Abstand besteht als zwischen den Okularen. Hierdurch aber wird die Verschiedenheit der von unserem Bewufstsein zu verschmelzenden Einzelbilder und damit, wie schon erwähnt, die Möglichkeit des Körperlichsehens höchst auffallend vermehrt. Somit ist hier gleichzeitig der schöne Gedanke des von Helmholtz 1857 angegebenen, jedoch nicht in die Praxis eingeführten „Telestereoskops" auf neuem Wege verwirklicht.

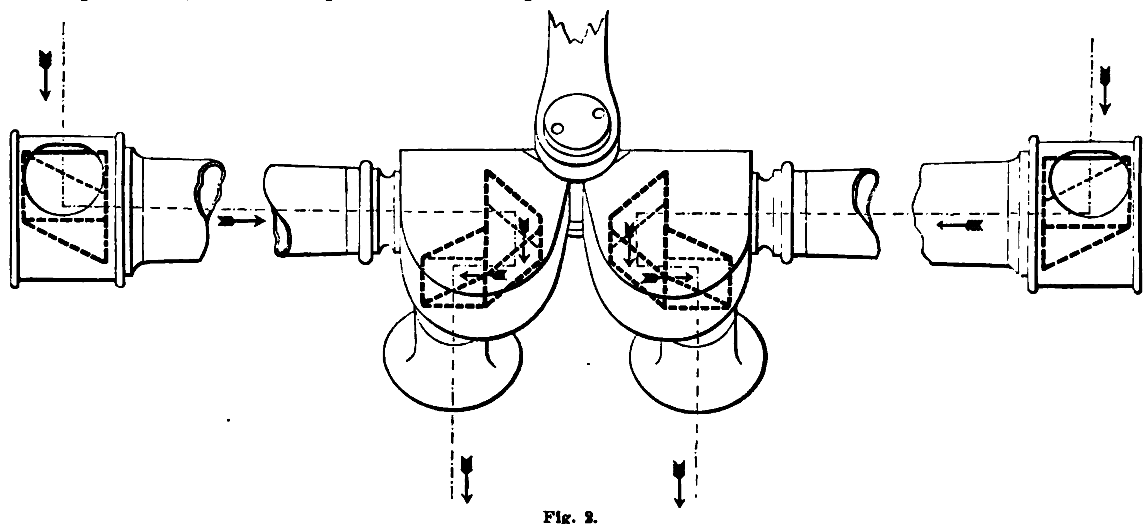


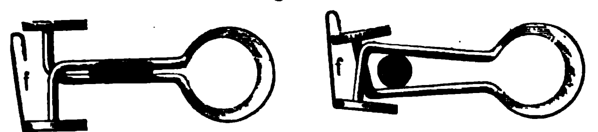
Fig. 2.

Die Firma Zeiss liefert — wie die beiden Abbildungen gleichzeitig zeigen — derartige Doppelrohre nach zwei verschiedenen Typen, und zwar als Feldstecher von vier-, sechs- und achtfacher, sowie als Relieffernrohre von sechs- acht-, und zehnfacher Vergröfserung. Erstere haben die bekannte bequeme Form derartiger Instrumente bei einem Abstand der Objektivachsen gleich dem Eindreiviertelfachen der durchschnittlichen Augenweite und sind besonders für touristische Zwecke empfehlenswert. Die Reliefrohre hingegen haben wegen des weit gröfseren Objektivabstandes — etwa 35 cm — eine gänzlich abweichende Gestalt; sie sind minder handlich, wirken aber in Bezug auf die Tiefenunterscheidung bei grofsen Entfernungen sowie demgemäfs in Bezug auf die Plastik des Landschaftsbildes geradezu überraschend[1]). Der Preis des Feldstechers beträgt je nach den Dimensionen M. 120 bis 140, der des Relieffernrohres M. 150 bis 210.

Feder-Quetschhahn mit einschnappbarem Offenhalter (D.R.G.M. 70259).

Von C. Leiss in Steglitz b. Berlin.

Bei den bisher gebräuchlichen Feder-Quetschhähnen geschieht wie bekannt ein zeitweiliges Öffnen derart, dafs man dieselben auf eine benachbarte Schlauchspitze oder aber, bei einer anderen bekannten Art, den Schlauch in den Federring des Quetschhahnes bringt. Diesen umständlichen



Manipulationen hilft der neue, in nebenstehender Figur abgebildete Feder-Quetschhahn ab, denn sofort nach erfolgtem Druck auf die beiden Knöpfe ist derselbe in seiner Offenstellung fixiert. Das Schliefsen des Quetschhahnes geschieht wieder durch geringen Druck mit dem Daumen gegen das obere Ende der Schnappfeder *f*. — Die Preise des neuen Feder-Quetschhahnes, welcher von allen bekannten Handlungen chemischer und physikalischer Gerätschaften zu haben sein wird, stellen sich wie folgt:

	No. 1.	No. 2	No. 3	No. 4
Schenkellänge	50	60	65	80 mm
pro Stück	0,40	0,45	0,50	0,55 Mark.

[1]) Anm. der Red. Die aufserordentlich günstigen Urteile, die über diese Fernrohre von anderer Seite veröffentlicht worden sind, werden von unserem Mitarbeiter Dr. J. Schiff in Breslau, der mit beiden Arten der Zeissschen Fernrohre viel beobachtet hat, voll bestätigt.

Himmelserscheinungen im August und September 1897.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

Monatstag	August						September						
	3	8	13	18	23	28	2	7	12	17	22	27	
Heliocentrische Längen.	198°	215	230	244	258	272	286	301	318	337	0	26	☿
	12	20	28	36	44	52	60	68	76	84	93	101	♀
	312	316	321	326	331	335	340	345	350	355	0	5	♁
	187	189	191	193	196	198	200	203	205	207	210	212	♂
	168	168	168	169	169	170	170	170	171	171	171	172	♃
	240	240	240	240	240	241	241	241	241	241	241	242	♄
Aufst. Knoten.	306	306	305	305	305	304	304	304	304	303	303	303	☾
Mittl. Länge.	195	261	326	32	98	164	230	296	2	68	134	199	☾
Geocentrische Rektascensionen.	188	261	333	31	95	160	226	303	4	64	130	193	☾
	152	159	166	172	177	181	184	186	186	183	179	175	☿
	87	93	99	105	111	117	123	130	136	142	147	153	♀
	134	139	143	148	153	157	162	166	171	175	180	184	☉
	167	170	173	176	179	182	185	188	191	194	197	200	♂
	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	♃
	232	232	232	233	233	233	233	234	234	234	235	235	♄
Geocentrische Deklinationen.	− 9	− 27	− 9	+ 18	+ 26	+ 5	− 23	− 21	+ 7	+ 26	+ 18	− 11	☾
	+ 13	+ 9	+ 6	+ 3	− 1	− 3	− 5	− 7	− 7	− 5	− 2	+ 1	☿
	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 20	+ 19	+ 18	+ 17	+ 15	+ 14	+ 12	♀
	+ 17	+ 16	+ 15	+ 13	+ 11	+ 10	+ 8	+ 6	+ 4	+ 2	+ 0	− 2	☉
	+ 6	+ 5	+ 4	+ 2	+ 1	− 0	− 1	− 3	− 4	− 5	− 7	− 8	♂
	+ 8	+ 8	+ 7	+ 7	+ 6	+ 6	+ 6	+ 5	+ 5	+ 4	+ 4	+ 3	♃
	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	− 17	− 18	− 18	♄
Aufgang.	$16^h 26^m$	16.34	16.43	16.51	16.59	17.8	17.16	17.24	17.33	17.41	17.50	17.58	☉
	$23^h 53^m$	5.17	7.36	8.43	12.9	18.46	0.34	5.8	6.19	8.9	13.35	20.42	☾
Untergang.	$7^h 46^m$	7.37	7.27	7.17	7.6	6.55	6.43	6.32	6.20	6.8	5.56	5.44	☉
	$9^h 1^m$	11.59	18.55	25.7	4.57	6.42	8.14	13.50	20.21	1.6	4.16	5.31	☾
Zeitglchg.	+ $5^m 56^s$	+ 5.24	+ 4.37	+ 3.36	+ 2.23	+ 1.0	− 0.32	− 2.11	− 3.55	− 5.41	− 7.26	− 9 8	☉

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

August	5	7^h	25^m	Erstes Viertel
	7	10		Mond in Erdnähe
	12	3	23	Vollmond
	19	21	29	Letztes Viertel
	19	22		Mond in Erdferne
	27	16	29	Neumond
September	1	11^h		Mond in Erdnähe
	3	12	13^m	Erstes Viertel
	10	15	12	Vollmond
	16	18		Mond in Erdferne
	18	15	51	Letztes Viertel
	26	2	46	Neumond
	28	13		Mond in Erdnähe.

			☿	♀	♂	♃	♄
Aufgang der Planeten.	Aug.	16	$19^h 15^m$	13.5	19 39	18.41	1.31
	Sept.	15	19. 10	14.7	19.32	17.20	23.26
Untergang der Planeten.	Aug.	16	8. 2	5.18	8.18	8.6	10.33
	Sept.	15	6. 9	5.10	6.50	6.17	8.26

Constellationen. August 1 0^h ♃ ☌ ☾; 1 5^h ♂ ☌ ☾; 6 4^h ♄ ☌ ☾; 12 19^h ☿ ☌ ♃; 16 16^h ♄ □ ☉; 22 8^h ☿ in Sonnenferne; 24 7^h ♀ ☌ ☾; 26 12^h ☿ in gröſster östlicher Ausweichung; 28 17^h ♃ ☌ ☾; 29 20^h ☿ ☌ ☾; 29 20^h ♂ ☌ ☾. — September 2 11^h ♄ ☌ ☾; 12 19^h ♃ ☌ ☉; 22 0^h ☿ in unterer Sonnen-Conjunktion, wird Morgenstern; 22 8^h ☉ in der Wage, Herbst-Nachtgleiche; 23 13^h ♀ ☌ ☾; 24 19^h ♀ ☌ Regulus, ♀ 0° 15′ nördlicher; 25 13 ♃ ☌ ☾; 25 16^h ☿ ☌ ☾; 27 11^h ☿ ☌ ♃; 27 12^h ♂ ☌ ☾; 29 21^h ♄ ☌ ☾.

Jupiter geht schon so früh unter, daſs Angaben über die Verfinsterungen seiner Monde nicht mehr geboten scheinen.

Veränderliche Sterne. 1. Algols-Minima treten ein: August 1 9^h, 18 14^h, 21 10^h; September 7 15^h, 10 12^h, 13 9^h, 27 17^h, 30 14^h. 2. Auſser den ganz oder nahezu circumpolaren helleren Veränderlichen in *Cepheus*, *Cassiopeia*, *Lyra* sind *α*, *g*, *o*, *u Herculis* zu beobachten; in den späteren Abendstunden kommt auch *Mira Ceti* herauf.

Meteore. Der groſse Perseiden-Schwarm wird in diesem Jahre äuſserst dürftig ausfallen, da am 12. August Vollmond ist.

Zodiakallicht. Es ist in beiden Monaten morgens, etwa 1^h vor Sonnenaufgang, im Westen als eine schief nach rechts stehende Pyramide aufzufinden, soweit nicht das Mondlicht hindert.

J. Plaſsmann, Warendorf.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

X. Jahrgang. Fünftes Heft. September 1897.

Das geologische Experiment in der Schule.

Von
Prof. Dr. B. Schwalbe in Berlin.

II. Spezieller Teil: Versuche.

In der ersten Mitteilung (d. Zeitschr. *X 65*) wurden die Gesichtspunkte hervorgehoben, von denen aus geologische Experimente in der Schule angestellt werden können, und eine Gruppierung hinzugefügt, die den dynamischen Wirkungen der Kräfte bei der Umbildung unserer Erdrinde entsprach. Da indessen ein selbständiger geologischer Unterricht an unseren Schulen bei ihrer heutigen Organisation nicht durchgeführt werden kann, so fallen die geologischen Experimente den einzelnen sonst getriebenen Wissenschaften, Chemie und Mineralogie, Geographie, Naturbeschreibung und Biologie zu. Es scheint mir daher richtig, eine dem entsprechende Einteilung zu Grunde zu legen. Es ist wünschenswert, ja notwendig, dafs auf irgend einer oberen Stufe ein geognostischer Überblick gegeben wird, und zwar am besten in der Geographie, wenn nicht die Einzelbemerkungen und Anknüpfungen zu sehr verloren gehen sollen. Man nimmt wohl am besten die dynamische Geologie in Obersekunda, da sie aufserordentlich viel Gelegenheit zur Repetition geographischer Verhältnisse bietet, und verlegt den Überblick über Beschaffenheit der obersten Erdschichten nach Unterprima, wo durch den chemischen, mineralogischen und physikalischen Unterricht die Grundlage für das Verständnis der Erscheinungen schon geschaffen sein mufs.

Die Versuche sind aufserordentlich einfach, doch sind einige Umstände zu beachten, von denen ein gutes Resultat des Experiments abhängt. Die Quantitäten der Körper, die man zu jedem Experiment verwendet, sind nicht absolut beliebige. Will man z. B. Schichtenbildung durch Sedimentieren zeigen, so schadet es zwar nicht, wenn etwas mehr oder weniger von dem einen oder anderen Körper genommen wird, man erhält die betreffenden Schichten, aber die gute Ausbildung derselben erfordert, dafs nicht von einem Körper übermäfsige Quantitäten vorhanden sind. Noch störender ist der Umstand, dafs die Zeit bei vielen Versuchen eine wichtige Rolle spielt (vgl. Teil I, S. 67 dieses Jahrg.). Die Verwitterungserscheinungen lassen sich durch stärkere Agentien etwas beschleunigen, da aber doch möglichst die Bedingungen denen, die in der Natur stattfinden, ähnlich sein sollen, so darf man hierbei, wenn nicht das Experiment die beweisende Kraft verlieren soll, des Guten nicht zu viel thun. Läfst man aber eine sehr lange Zeit vergehen, so hat dies für die Schüler auch Nachteile; sie bringen einem Experiment, dessen Resultat sie erst nach längerer Zeit kennen lernen, viel weniger Interesse entgegen als einem solchen, das sich unter ihren Augen abspielt. — Die erforderlichen Materialien wurden direkt der Natur entnommen, manche können auch, wie die Gesteine, durch Mineraliencontore (z. B. von Picht, Droop, Kranz) bezogen werden, doch eignen sich die Abfälle, wie man sie in den Steinmetzwerkstätten bekommt, besser für die Versuche als gekaufte

Handstücke. Die Experimente sind so zahlreich und lassen sich so vielfach abändern, dafs man immer nur einzelne auswählen wird; oft sind dieselben nur angedeutet, viele garnicht ausführlich beschrieben; die meisten können als Freihandversuche betrachtet werden, so dafs diese Mitteilung auch einen Beitrag nach dieser Richtung hin bildet.

Da es jetzt gelungen ist, sehr viele Mineralien und Gesteine nicht nur dem Stoffe, sondern auch der Struktur nach künstlich darzustellen, da man viele geognostische Verhältnisse mit plastischem, zähem Material hat nachahmen können, kann man wohl behaupten, dafs sich die meisten geologischen Verhältnisse experimentell wiedergeben lassen und zwar oft unter denselben Bedingungen, unter denen sie in der Natur stattfinden.

Da die geologischen Wirkungen ferner vielfach mit den Verhältnissen unserer Atmosphäre zusammenhängen, so ist eine Anzahl der Versuche auch für die Meteorologie zu verwerten. Hier sollten die Haupterscheinungen wie z. B. das Aufsteigen und Senken des Luftstroms, die Entstehung von Wirbeln u. s. w. sichtbar gemacht werden; viele dieser Versuche gehören der Wärmelehre, der Optik an und eine übersichtliche Zusammenstellung würde vielleicht manchem willkommen sein. Die Entstehung von Schnee, von Eis in den verschiedensten Formen, Thau und Reif, die verschiedenen Strahlungs- und Erwärmungverhältnisse, Luft- und Wasserströmungen, Bildung von Wolken und Regen durch Versuche zu demonstrieren, geschieht ja schon vielfach; erläutern dieselben doch zugleich auch die betreffenden physikalischen Grundgesetze!

Im folgenden sind nun einzelne Versuche angeführt, die sich anschliefsen (*1.*) der Wärmelehre, (*2.*) der Molekularphysik, (*3.*) der Mechanik. Die übrigen Gebiete der Physik kommen weniger in betracht. Auch einige chemisch-geologische Versuche (*4.*) mögen kurze Erwähnung finden. In den geographischen Unterricht wird manches davon leicht hinübergenommen werden können, wenn dieser mit dem naturwissenschaftlichen in einer Hand liegt, wie es öfters schon der Fall ist.

1. Versuche aus der Wärmelehre.

Geysire und heifse Quellen. Wohl überall wird in der Wärmelehre bei der Spannung der Dämpfe oder bei den Gesetzen des Siedens ein Phänomen berührt, welches den Schülern aus der Geographie dem Namen und Vorkommen nach und auch aus Abbildungen bekannt ist, das der Geysire. Man knüpft in der Regel an die isländischen Geysire an, während es wohl jetzt richtiger wäre, die bedeutenden und mannigfaltigen Erscheinungen des Yellowstone-Parks zum Ausgangspunkt zu nehmen. Die heifsen Quellen von Neu-Seeland eignen sich deshalb nur zu einer kurzen Erwähnung, weil ihr Gebiet (Tetarata-Geysir) seit dem Vulkanausbruch des Tarawera am 10. Juni 1886 eine vollständige Umwandlung erfahren hat, und die herrlichen, so vielfach abgebildeten Terrassen von Rotomahana vollständig zerstört sind. (*Fortschritte der Physik 1886* (*3*) *753 ff.*) Als Anschauungsstücke für die Absetzungen werden Travertin und Kieselsinter und -tuffe, die käuflich zu haben sind, sowie die Fischerschen Tafeln (Geysire des Yellowstone-Gebiets) dienen, abgesehen von kartographischen Unterlagen. — Seit der Bunsenschen Erklärung sind vielfach andere gegeben und vielfach sind auch Apparate und Versuche als Nachahmungen für die Geysirphänomene vorgeschlagen, von denen in der Fufsnote die hauptsächlichsten zusammengestellt und kurz erwähnt werden sollen[1]).

[1]) Das grundlegende Werk für die so interessanten Erscheinungen des Yellowstone National Park ist der Twelfth Annual Report of the U. S. Geological and Geographical Survey of the Terri-

Andreae (s. u.) unterscheidet 4 Typen: I. Geysire mit einer Eruptionsphase, mehrere aufeinanderfolgende Wasserstrahlen mit gleichzeitigen Dampfstrahlen (Petersenscher Apparat). — II. Eine einzige Wassereruption mit länger dauernder nachfolgender Dampferuption (Andreaes Apparat). — III. Nach einer Wassereruption folgen mehrere kleine Wassereruptionen in kürzeren ,Pausen. Das Hauptintervall dauert mehrere Tage (läfst sich mit beiden Apparaten erhalten). — IV. Geysire mit noch längerer Eruptionsphase als bei III., derselben folgt eine Dampfphase; die genaue Nachahmung dieses Typus ist noch nicht gelungen.

Viele dieser Eruptionen und auch die unten angeführten lassen sich auch mit Kohlensäure von starker Spannung erzielen, so dafs man die Gasgeysire leicht demonstrieren kann (Rank Herlein in Ungarn, Montrond-Frankreich), auch andere Gase sind verwendbar (Kohlenwasserstoffe), denen man in Gasometern mit Druckansatzrohr die erforderliche Spannung geben kann.

Auch am Dorotheenstädtischen Realgymnasium werden die Geysirphänomene durch 2 Apparate illustriert und in der Wärmelehre erörtert.

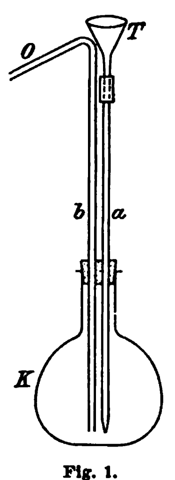


Fig. 1.

Durch den Hals einer möglichst grofsen Kochflasche (K) gehen 2 Glasröhren a und b von mindestens 1 m Länge bis fast auf den Boden. Die Röhre a ist unten in eine feine Spitze ausgezogen und trägt oben einen Trichter. Die Röhre b ist oben umgebogen. Wird in den Trichter T Wasser gegossen, so fliefst dasselbe langsam aus der Kapillaröffnung aus und verschliefst allmählich die Öffnung der Röhre b. Wird nun die Flasche von unten erwärmt, so wird das Wasser durch den Dampfdruck in der Röhre b emporgetrieben. Dabei steigt die Temperatur des Wassers auf ungefähr 102°. Schliefslich tritt das Wasser aus der oberen Öffnung O aus und die Flasche wird entleert. Nachdem der Druck nachgelassen, tritt aus dem Trichter wieder kaltes Wasser ein. Die dadurch bewirkte Abkühlung ist eine so bedeutende, dafs durch das Rohr b sogar Luftblasen eindringen. Nach einiger Zeit erfolgt eine neue Eruption. Die ersten 3—4 Eruptionen

tories Wyoming and Idaho for the year 1878 in 2 parts, by F. V. Hayden. Es sind darin nicht nur die heifsen Quellen des betreffenden Gebietes berücksichtigt, sondern es wird zugleich ein Bild der Geysirerscheinungen überhaupt gegeben, so erschöpfend, dafs es die Grundlage für alles weitere Studium nach dieser Richtung ist. Dort findet sich auch (S. 416 ff., Kap. X) eine Darstellung der bis dahin aufgestellten Theorieen von Herschell, Mc. Kenzie, Bischof, Bunsen, Comstock, Baring-Gould. — Über die Geysire vom Yellowstone-Park finden sich dann Mitteilungen Bull. U. S. Geolog. Survey 1889 von Gooch und Whitfield von Hague, der das beschleunigte Springen der Geysire durch Seifenwasser erörtert, eine Erscheinung, die man leicht aus den Cohäsionsverhältnissen zwischen Dampf und Wasser erklären kann. — Mitteilungen über künstliche Geysire findet man bei Müller, Kosmische Physik S. 574 ff., die sich hauptsächlich auf Beobachtungen an den isländischen Geysirn aufbauten. Ein weiteres Modell und eine andere Erklärung ist von Wiedemann gegeben (Wiedemann Ann. XV, 173—176.) Von weiteren Nachahmungsversuchen hat namentlich der von Antolik (*d. Zeitschr. IV 279, 288*) Verbreitung gefunden, dem sich der Versuch über intermittierendes Sieden von G. Salcher (*d. Zeitschr. V 200—201*) anschliefst. Der Petersensche Apparat (Fortschritte der Physik 1889 (2) 306, (3) 688) zeigt eine andere Form der Geysirerscheinung (man vergl. auch die Langsche Arbeit, Göttinger Anz. 1880 S. 225 7./4). Am eingehendsten sind in den letzten Jahren die Verhältnisse von Andreae dargelegt: Intermittierende Springquellen ohne Dampf oder Gasgeysire. Über die Nachahmung verschiedener Geysirtypen und über Gasgeysire vgl. Fortschritte der Physik 1893 (3) S. 650, 651.

Von weiteren neueren Arbeiten mögen noch genannt werden: W. Hallack, Die Geysire im Yellowstone National Park und ihre Nachahmung. Beiblätter 1894, 659 (nach den Schriften der New-York. Acad.) und besonders auch W. Harvey Weed, Geysers. Annal. Rep. Smithson. Inst. July 1891, 163 (1893), Fortschritte der Physik 50 (3) S. 659, 660.

sind unregelmäfsig, nachher erfolgen sie mit der gröfsten Regelmäfsigkeit. Ein solches Geysirmodell hatte genau alle 2 Minuten eine Eruption, bei welcher ein heifser Wasserstrahl ungefähr 3 m weit fortgeschleudert wurde.

Dies von Herrn Oberl. Bohn herrührende und beschriebene Modell schliefst sich dem Modell von Antolik dem Prinzip und der Anordnung nach ganz an und wurde von Herrn Dr. Pappenheim so umgeändert und vervollkommnet, wie es die beistehende Zeichnung ergiebt. Der Vorteil besteht einmal darin, dafs das kalte Wasser durch das in eine Kapillare ausgezogene Rohr C unmittelbar aus dem Sammelbehälter herunterläuft, wo es auch von dem aufsteigenden heifsen Dampfstrahl durchbrochen wird; sowie die Entleerung von K durch einen ziemlich hohen Strahl bei O erfolgt ist, fliefst Wasser an dem Trichterrohre herunter und drückt das dort befindliche Wasser durch B herab. Die Eruptionen erfolgen sehr regelmäfsig und es dürfte sich dieser Apparat, der sich ganz allein durch den Lehrer mit Kork und Glas aufbauen läfst, für den Unterricht besonders empfehlen. Die Perioden lassen sich genau feststellen und vorhersagen. Die Menge des ursprünglich in der Kochflasche K befindlichen Wassers hat auf Beginn und Verlauf, ebenso wie die Länge der drückenden Wassersäulen naturgemäfs Einflufs.

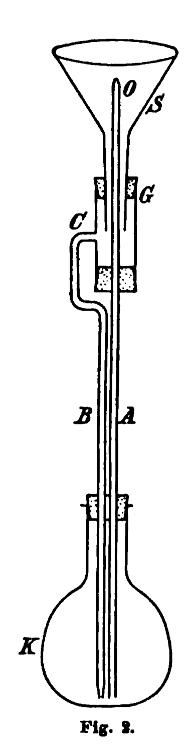


Fig. 2.

Bei den wiederholten Berichten, die ich über die Geysirquellen des National Park für die Fortschritte der Physik zu geben hatte, und dem reichen Material, welches mir sonst zuging, war mir die Abbildung eines toten Geysirs aufgefallen, dessen Hohlraum nur wenig tief, ca. 8—10 m, unter der Oberfläche liegt. Eine Erwärmung in diesem Raume konnte der geringen Tiefe wegen nicht stattfinden. Über die Thätigkeit dieses Geysirs und sein Versiegen war nichts angegeben, während der ganze Bau und Umgebung die Geysirthätigkeit als vorhanden gewesen mit Sicherheit annehmen läfst. Der Geysirraum und Kanal zeigt ungefähr die nachstehende Gestalt (Fig. 3), man kann das Tageslicht von der tiefsten Stelle aus sehen, der Kessel selbst enthält in dem umschliefsenden Gestein Sprünge, Risse und Spalten; durch den wenig geneigten Kanal kann man in die Tiefe hinabsteigen. Nimmt man an, dafs der Raum durch Spalten mit einem Behälter, der heifses Wasser enthält oder wo sich Dämpfe entwickeln, in Verbindung steht und dafs in R sich das Quellwasser der oberen Schichten sammeln kann, so kann ein Geysirphänomen entstehen, ohne dafs die Wände von R eine hohe Temperatur besitzen und der Behälter tief zu liegen braucht.

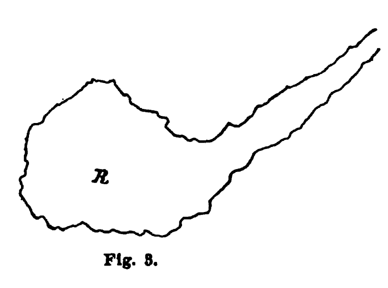


Fig. 3.

Das nachfolgende Modell veranschaulicht dies und zeigt auch noch eine andere Art des Zustandekommens einer Art von Geysirphänomenen. Aus dem grofsen, tubulierten Cylinder (s. Fig. 4) fliefst das kalte Wasser in die tubulierte Retorte (in der Fig. etwas in der Verkürzung gesehen). Das Zuflussrohr ragt, da Spalten versinnlicht werden sollen, nicht in die Retorte hinein. Ist die letztere mit kaltem Wasser so weit gefüllt, dafs der aufgebogene Hals gegen den gewölbten Raum hydrostatisch abgeschlossen ist, so kann der Versuch vorgenommen werden, wenn das Wasser in der Kochflasche hinlänglich stark siedet. Diese ist durch einen doppelt durchbohrten

Kork geschlossen. Durch die linke Durchbohrung geht ein nicht hineinragendes, rechtwinklig gebogenes Rohr, das durch Kautschukschlauch mit einem rechtwinkligen Rohre, das in einen kleineren Cylinder mit Wasser getaucht werden kann, verbunden ist; hier wie bei der zur Retorte führenden Röhre werden die Verschlüsse durch Quetschhähne bewirkt. Das zweite, rechtsgelegene Rohr, das dicht, aber leicht verschiebbar, durch den Kork hindurchgeht, taucht mit der Mündung nicht in das heifse Wasser, die andere Mündung führt zu dem zweiten im Tubulus der Retorte befindlichen Glasrohr, das ebenfalls nicht in die Retorte hineinragt. Die Verbindung durch Kautschukschlauch ist wie erwähnt durch einen Quetschhahn verschliefsbar. Während dieser offen ist, läfst man nun das Wasser stark kochen, schliefst sodann und nachdem man wenige Augenblicke gewartet hat, öffnet man den linken Quetschhahn; der Dampfdruck läfst das kalte Wasser nicht nach der Kochflasche treten, der Dampf condensiert sich durch das kalte Wasser in der Retorte und die vermehrte Spannung in dem gewölbten Raume schleudert das Wasser aus der Höhlung heraus. Man öffnet die Röhre des grofsen Cylinders für kaltes Wasser und das Spiel beginnt aufs neue. Bewirkt man, dafs die Spannung in der Kochflasche verhältnismäfsig hoch wird, so wird das obere Wasser stark herausgeschleudert. Es reicht aber aus, zu zeigen, dafs schon geringe Spannungsunterschiede die Erscheinung hervorzubringen vermögen. Eine Periodizität werden solche Geysire nur erzeugen können, wenn der Eintritt des kalten Wassers regelmäfsig in bestimmter Menge geschieht; man ersieht auch, dafs der Wassereruption aus der Retorte eine Dampferuption folgen kann.

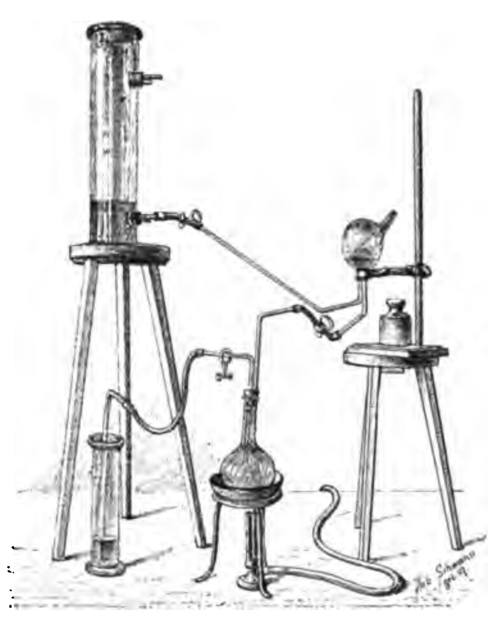


Fig. 4.

Anders wird das Phänomen, wenn man die von der Kochflasche zur Retorte führende Röhre in das siedende Wasser hineinschiebt, nachdem man das kalte Wasser hat ablaufen lassen; alsdann tritt heifses Wasser in die Retorte, das dort schliefslich herausgeschleudert wird. Den Antolikschen Versuch Fig. 77 (l. c.) erhält man, wenn man den Kaltwassercylinder mit dem Kochgefäfs verbindet und anstatt der Retorte, die aber auch bleiben kann, ein Ansatzrohr nimmt. Auch kann man den Apparat benutzen, um das Ansaugen von kaltem Wasser durch das in den kleinen Cylinder führende manometrische Rohr, das dann etwas länger als in der Zeichnung sein mufs, zu zeigen. Man läfst, indem das manometrische Rohr durch den Quetschhahn geschlossen ist, durch das andere, zur Retorte führende Rohr etwas kaltes Condensationswasser in die Kochflasche hinein, schliefst sodann den Quetschhahn, öffnet den andern und kann nun das Siedegefäfs sich beliebig weit füllen lassen. Durch Abkühlen des Siedegefäfses (Wegnahme der Flamme) und Öffnen des einen oder anderen der beiden Quetschhähne kann man die Versuche sehr variieren, so dafs sich der Apparat auch für manche Zwecke bei Demonstration der Spannung der Dämpfe anwenden läfst. Die Erscheinungen werden natürlich geändert, wenn die Röhrenmündungen im Tubus der Retorte in den Retortenraum hineingeschoben werden, wobei dann die Analogie

mit Spalten oder Klüften verloren geht. Nimmt man eine gröfsere Anzahl von ähnlich eingerichteten Kochflaschen, die man verschiedenartig miteinander verbinden und in verschiedene Höhen bringen kann, so läfst sich eine grofse Zahl von Versuchen über Spannung der Dämpfe anstellen, die ich z. T. als Repetitionsversuche zu benutzen pflegte, hier aber nicht weiter ausführen möchte. —

Es ist keine Frage, dafs die Geysirphänomene verschiedenartiger Natur sind, alle aber haben das gemeinschaftlich, dafs die Spannung des Wasserdampfes in der einen oder andern Weise das Agens ist, und so könnte man direkt hier auch einiges über heifse Quellen mitteilen und von dem einfachsten Versuch ausgehen, dafs siedendes Wasser aus einer Kochflasche, durch deren durchbohrten Kork ein langes zur Spitze ausgezogenes Rohr hindurchgeht, beim Schliefsen emporgeschleudert wird.

Schmelz- und Gefrierversuche. Eine Reihe von geologischen Versuchen wird sich kurz bei dem Schmelzen erwähnen und vorführen lassen. Der Schüler ist leicht geneigt, die gewöhnlichen Gesteine, Granit, Trachyt u. s. w., als unschmelzbar anzusehen. Seine Anschauung wird erweitert, wenn man bei den Schmelzungen, die man sonst vorzunehmen pflegt, auch die natürlichen Gesteine berücksichtigt. Bei den Versuchen mit Sauerstoffbomben habe ich gezeigt, wie leicht es gelingt, solche Gesteinsschmelzung zu zeigen; die mit Sauerstoff genährte Stichflamme eines Brenners genügt schon dazu. Nimmt man Bimsstein, der sehr leicht schmilzt, so kann man durch Zusatz von färbenden Metalloxyden obsidianähnliche Überzüge erhalten. Dafs man, wenn man längere Zeit auf den Versuch verwenden will, die Schmelzungen in Tiegeln vornehmen wird und dieselben beliebig ausdehnen kann, ist selbstverständlich. Wenn man bei den einzelnen Gesetzen und Betrachtungen neben den Beispielen aus der Technik und dem gewöhnlichen Leben solche aus der Geologie heranzieht, wird dadurch der Blick gerade wieder auf die Natur hingelenkt, und es kann, was für die Schüler der grofsen Städte namentlich von Wichtigkeit ist, der Sinn für Naturbeobachtung geweckt und erhalten und dabei die Freude an der Natur hervorgerufen werden. Bei der Ausdehnung und Zusammenziehung durch Temperaturwechsel genügt der Hinweis auf die Folgen für unsere Gesteine, wo sie frei daliegen, wenn sie wie in der Wüste Temperaturdifferenzen von 40—45^0 an einem Tage ausgesetzt sind; bei der Wärmeleitung und Wärmekapazität zeigen die neueren Versuche[2]), einen wie wesentlichen Einflufs dieselben haben können. Bei der Volumveränderung der Gesteine beim Schmelzen lassen sich für den Fall, dafs im Innern die hohe Temperatur, auf die wir schliefsen müssen, herrscht, die Folgen für die Bildung der Erde andeuten, und so bietet die ganze Wärmelehre eine Fülle von Anknüpfungspunkten. Die bekannten Beispiele aus dem gewöhnlichen Leben können schnell erledigt werden, dann findet sich für die geologischen Beispiele und die geologischen Versuche Raum genug. Sicher werden diese auch nicht übergangen bei den Versuchen über Gefrieren des Wassers. Die Regelation und Plastizität des Eises lassen sich durch bekannte Versuche zeigen, ihre Rolle bei der Gletscherwirkung findet dabei Berücksichtigung. Beiläufig mag erwähnt werden, dafs es sich aufserordentlich empfiehlt, die Erscheinungen in der Natur unter natürlichen Bedingungen während des Unterrichts beobachten zu lassen. Man braucht dazu nur ein gröfseres Experimentierbrett vor dem Fenster in der Nähe des Experimentiertisches. Die Schüler gewinnen einen ganz andern Einblick in die Entstehung des Eises, wenn sie angeleitet werden, während

[2]) Barus, Das chemische Verhalten der Gesteine. Die Arbeiten sind in Silliman, Journal of science seit 1891 erschienen. Vgl. die Fortschritte der Physik, 1893, Abt. 2.

der fortlaufenden Unterrichtsstunde zu beobachten und zu controllieren. Die Entstehung des compakten Eises aus Krystallen, die verschiedenen Lufteinschlüsse, ihre Anordnung und manche Beobachtungen, die jetzt sogar als neu mitgeteilt werden, lassen sich so zeigen. Ein Nachteil für die Aufmerksamkeit entsteht aus diesen Versuchen im Freien, die sich leicht anstellen lassen und eine wertvolle Ergänzung für viele Teile der Physik sein können, nicht, wenn sie einigermafsen richtig geleitet werden. (Kälte, Regen, Sonnenschein sollten in dieser Weise benutzt werden.)

Von den vielen Versuchen über Gefrieren, die geologische Beziehungen darbieten, sollen nur zwei erwähnt werden. Dafs sich das Wasser beim Gefrieren ausdehnt, und zwar mit grofser Gewalt, wird verschiedentlich gezeigt, man sollte aber das Zerbröckeln der Gesteine durch Gefrieren direkt nachzuweisen suchen. Man kann auch im Sommer diese und die meisten andern Gefrierversuche leicht anstellen, indem man sich in einer grofsen Porzellanschale die bekannte Kältemischung Eis und Kochsalz bereitet; eine solche behält eine Temperatur von unter -10^0 4—5 Stunden lang bei, sodafs man eine grofse Reihe von Erscheinungen zeigen kann. Die Herstellung von prächtigen Eisfilamenten aus Baumstämmen habe ich schon früher beschrieben (Verhandl. d. phys. Ges. zu Berlin, 1885, 26—28). Da man dieselben nicht aufbewahren kann, versuchte ich, um die Richtigkeit der von englischen Beobachtern und mir gegebenen Erklärung aus Kapillaritätsverhältnissen nachzuweisen, das Wasser durch eine Salzlösung (Salpeterlösung) zu ersetzen und die Ausblühung ohne Kälte hervorzubringen. Es entstehen an den Baumstämmen Ausblühungen, die sich weit über den Stamm erheben und sich Jahre lang halten. Es pafst die Assmannsche Erklärung durchaus nicht auf diese Filamente, es widerspricht ihr die einfache Beobachtung der Erscheinung, die nicht mit dem so häufigen Auftreten der Eissäulchen in der obersten Bodenschicht, welche oft Teile des Erdreichs emporheben, zu verwechseln ist. (Vgl. „Das Wetter", VI. 1889, 7, und Fortschritte der Physik 1890, 3, 705).

Will man die Einwirkung des Frostes auf Gesteine zeigen, so läfst man zuerst passende Stücke (Kreide, Sandsteine, Granit) sich durchtränken (vgl. unten) und bringt sie in Bechergläsern oder Porzellanschalen, die mit Glasscheiben bedeckt werden, in die Kälteflüssigkeit, so dafs letztere nicht direkt mit dem Gestein in Berührung kommt; die sehr porösen Gesteine (Kreide, Sandsteine) zeigen Eisausblühungen z. T. ähnlich denen, die ich in Eishöhlen beobachtet habe. Auch macht sich die Einwirkung bei der Kreide dem Auge nach dem Auftauen durch deutlich wahrnehmbare Sprünge bemerkbar, es findet sogar ein Zerfallen des Kreidestückes statt. Sandstein und Granit sind widerstandsfähiger, es genügt der einmalige Prozess nicht; beim Sandstein ist die Eisbildung in den Zwischenräumen deutlich bemerkbar.

Eine Reihe von anderen Versuchen läfst sich mit dem Kältebade anstellen; sandige, befeuchtete Erde (in Blumentöpfen) gefriert vollständig, zeigt die Undurchlässigkeit des gefrorenen Bodens, das Überfrieren desselben, wenn Wasser darauf kommt; nimmt man Glasgefäfse, so kann man die Eisentstehung im Boden verfolgen. Überhaupt lassen sich die Gefrierversuche so variieren, so viele Vorgänge in der Natur (z. T. meteorologischer Natur) mit einem solchen Kältebade nachahmen, dafs man immer neue für die Anschauung auswählen kann. Die Eissäulchen in den obersten Bodenschichten in schöner Form künstlich zu erhalten, ist mir nicht gelungen, während man sie im Winter an der feuchten Erde eines grofsen Blumentopfes leicht beobachten kann.

2. Versuche aus der Molekularphysik.

Die Molekularphysik ist wohl heut zu Tage der Teil der Physik, der am wenigsten beim Unterrichte berücksichtigt wird, sei es deshalb, weil die Lehrbücher darüber aufserordentlich wenig bringen und was sie bringen, oft mit der Mechanik direkt verquickt ist, sei es, weil man glaubt, dafs die dahingehörenden Erscheinungen unterrichtlich wenig verwertbar sind. Denn an Wichtigkeit für das Verständnis der Naturerscheinungen und der Vorgänge im gewöhnlichen Leben, wie für die Technik ist die Molekularmechanik mindestens den sonst als wichtig erachteten Teilen der Physik gleichwertig; nur dafs ihre Erscheinungen nicht so auffällig sind, dafs sie zu den alltäglichsten gehören, erklärt die Vernachlässigung. In früherer Zeit, als dem naturwissenschaftlichen Unterricht an den Realgymnasien noch eine gröfsere Ausdehnung gewährt war, habe ich eine grosse Anzahl solcher Versuche vorgeführt und dabei die Erfahrung gemacht, dafs der Unterricht aufserordentlich fruchtbringend war, und die Schüler ein grofses Interesse dafür zeigten, so dafs sie Reihen von Versuchen nachmachten. Dies ist bei diesem Gebiete besonders leicht, da wenig Hilfsmittel dafür erforderlich sind. Aber auch jetzt sollte man nicht verabsäumen, die wichtigsten dieser Erscheinungen womöglich im Zusammenhange zu besprechen.

Die Lehre von den Cohäsionsverhältnissen der festen Körper (Elastizität, Festigkeit — Weiche, Härte — Geschmeidigkeit, Spröde) giebt zu besonderen geologischen Versuchen nur wenig Veranlassung. Die Versuche über Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Erschütterungen, die für die seismischen Verhältnisse von Wichtigkeit sind, lassen sich den Wellenbewegungen anschliefsen. Man kann übrigens die Verschiedenheit des Verhaltens eines Bodens (des lockeren auf festem Untergrund) leicht mit einem gröfseren mit Dünensand gefüllten Gefäfse aus Glas, Holz oder Zinkblech experimentell zeigen. Die leichtere Beweglichkeit des lockeren Bodens, wenn der feste Grund erschüttert wird, tritt sofort hervor, während der lockere Boden selbst sie schwerer fortpflanzt; in einzelnen Fällen lassen sich die Erschütterungen durch kleine Wachspendelchen sichtbar machen oder durch auf den Boden gestellte Gefässe mit Wasser oder Quecksilber.

Weitaus fruchtbarer ist die Molekularphysik der Flüssigkeiten. Es sind hier die eigentlichen Kapillaritätserscheinungen und die Diffusionsverhältnisse, welche besonders viele Beziehungen zu geologischen Versuchen zeigen, dann die Viskosität der Flüssigkeiten, Sedimentieren, Suspendieren, wobei jedoch auch die mechanischen Bewegungen eine bedeutende Rolle spielen. Druckverhältnisse beeinflussen alle diese Erscheinungen und deshalb hängen sie auch eng mit denen aus der Mechanik zusammen. Es ist selbstverständlich, dafs dadurch auch andere Prozesse (z. B. chemische) ermöglicht und eingeleitet werden, so dafs von einer strikten Einordnung dieser Versuche nicht die Rede sein kann. Die Lösungsversuche sollen hier unberücksichtigt bleiben, sie mögen den chemischen Versuchen zuerteilt werden.

a) Herstellung der Dendriten, Gesteinsfärbungen, Nachweis von Spalten, Kapillaren, Verbreitung von Wasser in Sand und Erdschichten, Durchlässigkeit der Schichten. Die Dendriten, jene eigentümlichen schwarzen oder braunschwarzen Zeichnungen, die man zeitweise für organischen Ursprungs hielt, lassen sich selbst an natürlichem Gestein künstlich leicht nachahmen und erzeugen. Man nehme poröse Thonplatten (ungebrannt) und befeuchte einzelne Stellen mit übermangansaurem Kali in einer Lösung von mittlerer Conzentration. Die Lösung breitet sich in den Kapillaren aus, die zur Reduktion erforderliche Menge organischer Substanz ist bei den

Thonplatten und im Staube vorhanden, es entstehen schwarzbraune Zeichnungen, die den natürlichen Dendriten gleichen. Der Vorgang vollzieht sich im Laufe einer Stunde. Anstatt der Thonplatten kann man auch Gypsplatten nehmen, die man sich jederzeit in bekannter Weise selbst darstellen kann. Ähnliche Zeichnungen, den natürlichen Dendriten fast ganz entsprechend erhält man mit natürlichem Gestein, z. B. mit Rüdersdorfer Kalkstein, nur ist hier die Zeitdauer etwas länger; auch diese künstliche Dendritenbildung vollzieht sich in kurzer Zeit, die Gebilde halten sich sehr lange. — Leicht gelingt es, vollständig natürliche Gesteinsfärbungen zu erzielen, wobei man zugleich die sehr verschiedene Porisität unserer Bausteine zeigen kann. Als Material zur Einsaugung wurde benutzt Sandstein, Kalkstein und Kreide und Granit, als Flüssigkeit eine Indigolösung. Der Prozefs vollzieht sich bei manchen Sandsteinen und bei der Kreide fast so schnell wie beim Zucker man bringt die Lösung auf flache Teller in $^1/_2$ cm hoher Schicht und legt beliebig gestaltete Bruchstücke hinein, der Schüler kann das Emporsteigen verfolgen, beim Zerschlagen zeigt sich das Eindringen in das Innere. Man erkennt auch, dafs an verschiedenen Stellen die Färbung nicht eintritt, die Ungleichartigkeit der Beschaffenheit wird also auch bei den aus diesem Verhalten erklärbaren geologischen Wirkungen eine Rolle spielen.

Viele unserer Gesteine wie Kalkstein, Sandstein u. s. w. haben eine gelbliche bis rötliche Färbung, die man an ungefärbtem Material erhält wenn man dasselbe mit Eisenvitriollösung befeuchtet. Durch Anwendung anderer Lösungen läfst sich dem Schüler zeigen, wie geringe Mengen fremder Substanz ein und demselben Gestein (resp. Mineral) die verschiedensten Färbungen geben und dafs daher die Farbe so wenig mafsgebend für unsere Gesteine ist und diese in den verschiedenartigsten Farben auftreten können. Auch kann man diese Versuche (mit Indigo) benutzen, um den Verlauf der Spalten und Risse, wie es auch beim körnigen Eis geschieht, nachzuweisen. Leicht verleiten die ersteren Versuche wegen der sehr hübschen Zeichnungen, die man bei verschiedenen Lösungen erhält, zu einer weiteren Ausdehnung, als ihnen zukommt. Die sogenannten chemischen Wappen von Runge, dem Entdecker des Anilins, auf Fliefspapier hergestellt, von denen noch einige in meinem Besitze sind, zeigen, wie unterhaltend diese Versuche sind, geben aber auch noch zu einem anderen wichtigen Versuch Veranlassung. Auf einer Thonplatte läfst sich die kapillare Verdrängung einer Flüssigkeit durch eine andere zeigen; diese Erscheinung hat in der Natur keine bedeutende Rolle gespielt, wohl aber die chemischen Umsetzungen, welche stattfinden, wenn zwei kapillar sich ausbreitende, auf einander chemisch wirkende Lösungen sich treffen. Man kann diese Umsetzungen mit Kaliumbichromat und Eisenchlorid (an der Platte) mit den verschiedensten Salzlösungen zeigen; es entstehen die mannigfaltigsten Contouren, indem die Farbenänderungen die Neubildungen der Verbindungen anzeigen; auch mit porösem Gestein gelingen diese Versuche. — (Technische Hinweise, Imprägnieren von Gesteinen und porösem Material mit den verschiedensten Körpern, Farbstoffen, Wachs — künstlicher Marmor u. s. w.)

Unmittelbar führen diese Versuche zu denen, die das Eindringen des Wassers in den Erdboden und seine Ausbreitung im Boden zeigen. Neben dem gewöhnlichen hell gefärbten Sandboden wurde auch hier vorzüglich Dünensand gebraucht. Derselbe eignet sich viel besser zu den Versuchen, da Zwischensubstanzen, die beim Sand des Binnenlandes vorhanden sind, fehlen. An anderen Materialien waren bereit grober Kies, feiner Kies, Schlemmkreide, Erde, verschieden grober gewöhnlicher Sand, fein geriebener Thon. Sortierung der Korngröfse nach war für diese rein qualitativen Versuche nicht nötig, ist aber erforderlich, wenn man den Einflufs der

Korngröfse auf die Imbibition nachweisen will. Alle diese Verhältnisse haben ja auch zu wissenschaftlichen Versuchen Veranlassung gegeben und sind für die Landwirtschaft von gröfster Wichtigkeit (man vergl. die Arbeiten von Wollny, Fortschritte der Physik 1886 (1) an verschiedenen Stellen, und die betreffenden Zeitschriften, Biedermann Centralblatt, Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturchemie u. s. f.). — Es hängt aber auch von der Permeabilität des Bodens das mehr oder minder schnelle Eindringen des Meteorwassers, sowie z. T. die Verbreitung des Wassers in den obersten Schichten überhaupt ab. Hierfür einige Versuche. Ein Cylinder mit Sand und Wasserbedeckung von oben: verschieden schnelles Absinken des Wassers bis zum Boden, seitlicher Ausflufs unten; ein zweiter ähnlicher Cylinder wird mit demselben Material angefüllt und mit einem ähnlichen Cylinder durch nicht zu enge Röhre mit Schlauch und Quetschhahn verbunden, eine Vorrichtung, die bei diesen und ähnlichen Versuchen vielfach angewendet wurde; man beobachtet das Eindringen unten.

Enthält A (Fig. 5) das Material und B zu geringer Höhe Wasser, so dafs der hydrostatische Druck gering ist, so erfolgt in A ein sehr langsames Aufsteigen (kapillar), das durch Vermehrung des hydrostatischen Druckes in B vermehrt wird. Wie der Apparat zur Demonstration von Quellenbildung benutzt werden kann, ergiebt sich eigentlich von selbst und wird auch im folgenden Abschnitt noch berücksichtigt werden. Bei diesen Cylindern ist der Übelstand vorhanden, dafs sie bei jedem Versuch mit neuem Material gefüllt werden müssen. Man kann zwar eine gröfsere Reihe von ähnlichen Cylindern, die nicht sehr kostspielig sind, beschaffen und beschickt

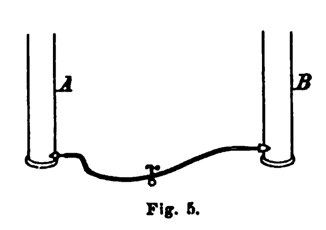


Fig. 5.

bereit halten, doch kommt man mit Blumentöpfen mittlerer Gröfse ebenso weit, da die unteren Öffnungen sich leicht verkorken lassen und auch eine Rohrdurchführung gestatten. Will man nur die Permeabilität von oben zeigen, so kann man direkt absickern lassen, es können sogar grob quantitativ die in gleichen Zeiten durchlaufenden Wassermengen bestimmt werden, wenn oben die Wasserbedeckung gleichmäfsig bis zum Rande gehalten wird. In vielen Fällen habe ich auch Blumentöpfe benutzt, deren Boden mit einer gleichmäfsigen Schicht des sehr permeabeln Gypses ausgegossen war; man kann nach dem Versuch durch Umstürzen leicht die Aufeinanderfolge der Schichten zeigen. Es lohnt nicht, nach dem Gebrauch das Material zu sortieren und zu trocknen; man beschaffe von vornhein einen etwas gröfseren Vorrat, so wird derselbe für viele Jahre aushalten. Von all den Permeabilitätsversuchen und dem Verhalten der verschiedenen Schichtenaufbaue halte ich einen Versuch für unbedingt notwendig: Es wird dem Schüler leicht, sich vorzustellen, dafs Kies, Sand, spaltenreiches Gestein das Wasser hindurchlassen, leicht auch, dafs Granitunterlagen und massige, wenig spaltenreiche Gesteine ähnlicher Art das Wasser nicht durchlassen, (die Hochmoore in Norwegen, am Harz, dienen als leicht verständliche Beispiele); schwer wird ihm aber die Vorstellung, dafs gewisse sedimentäre Schichten absolut undurchlässig sind, wie Thon und stark thonhaltiger Mergel. Deshalb mufs ein Cylinder vorhanden sein, bei dem eine Thonschicht eine obere durchlässige Schicht von einer darunter befindlichen ebenfalls durchlässigen vollständig abschliefst. Es sei also die Reihenfolge Sand, Thon, Sand, so kann man bei Wasserzuflufs von oben respektive von unten die Undurchdringlichkeit der Thonschicht zeigen. Bei der Durchbohrung derselben mit einem Stabe tritt dann sofort der Wasserdurchtritt hervor. Ich habe eine ganze Reihe von Bodenschichtungen aufgebaut, und man

kann in unserem norddeutschen Tieflande dabei auch vielleicht lokale Verhältnisse berücksichtigen; ich führe die einzelnen Versuche nicht weiter aus, da sie so aufserordentlich einfacher Natur sind und nur das Material erfordern. Bei Wiederholung der Versuche findet man auch leicht die Quantitäten; die Thonschicht darf nicht zu dünn genommen werden, weil sie brüchig werden kann. Man kann hieran anknüpfend auch verschiedene Bodenarten herstellen und mit diesen operieren. Gesteinsbruchstücke, die überall zu haben sind, dienen dann noch zur Vervollständigung; auch läfst sich leicht im Anschlufs hieran das Zustandekommen von Erdrutschen zeigen.

Ein aufserordentlich weites Feld für die Versuche bieten die Salzausblühungen, Efflorescenzen, die in der verschiedensten Weise hergestellt wurden und auch physikalisch manches Interessante bieten. Am nächsten der Natur kommen die Versuche, bei denen künstliches Erdreich, Sand und gewöhnliche Bodenerde genommen und mit Kochsalzlösung durchtränkt waren. Die Salzkruste zeigt sich bei Wirkung von Sonnenschein nach wenigen Tagen; um unabhängig davon zu sein, wurden die Gefäfse (Untersätze für Blumentöpfe) auf einem Wasserbad länger erhitzt. Die Wirkung zeigt sich schon in kurzer Zeit; auch hier würde man, wenn man eine Salzschicht als Untergrund nimmt, mit künstlichem Bodenaufbau andere Versuche anschliefsen können. Die Beziehungen zu den Salzsteppen, den Inkrustationen an den Ufern der Salzseeen (Elton-See etc.) liegen auf der Hand, auch Soda und Salpeter eignen sich für ähnliche Versuche.

Aufserordentlich schön und viel schneller erhält man die Ausblühungen mit porösen Thoncylindern, man hat dieselben nur mit den betreffenden Salzlösungen zu $^2/_3$ zu füllen und auf einen Untersatz zu bringen; schon nach wenigen Stunden entstehen die ersten Efflorescenzen und in einigen Tagen kann man die prachtvollsten Bildungen erhalten. Salpeter und Salmiak sind besonders geeignet, auch Kupfervitriol, Kaliumbichromat sind zweckmäfsig, weil die Färbung die Durchsickerung andeutet. Kochsalz giebt nicht immer eigentümliche Salzkrusten; hygroskopische Salze sind naturgemäfs ausgeschlossen. Gleich hier mag bemerkt werden, da die chemischen Versuche nicht weiter ausgeführt werden sollen, dafs sich durch ähnliche Diffusionsversuche viele chemische Verbindungen in besonderer Weise darstellen lassen, und es auch gelingt, manche Mineralien direkt nachzubilden, z. B. Gyps aus Calciumcarbonat in kohlensaurem Wasser gelöst einerseits und aus Schwefelsäure andererseits, oder aus Calciumhydroxyd und Schwefelsäure. Die dritte Art von Efflorescenzen, die dem Anfänger am meisten auffällt, erhält man, wenn man in Glasgefäfsen bestimmte kalt gesättigte Salzlösungen, Salpeter, Salmiak oder ein Gemisch aus Kupfervitriol und Kaliumbichromat, einige Wochen durch Papierblattverschlufs gegen Staub geschützt, sich selbst überläfst. Schon nach einigen Stunden zeigt sich der krystallinische Salzansatz oberhalb des Niveaus, dieser wächst an einigen Stellen langsamer, an anderen schneller, je nach der Oberflächenbeschaffenheit des Glases; das Salz kriecht empor, erreicht das Papier, dringt durch dasselbe hindurch und kriecht am Aufsenrand des Gefäfses auf den Boden herab. Einen grofsen Teil des Prozesses kann man in einigen Wochen zeigen und da man leicht einige Gläser, bei denen der Prozefs besonders schön abgelaufen ist, aufbewahren kann, ist das Endresultat sofort ersichtlich zu machen. Die kapillar aufgesaugte Flüssigkeitsmenge ist so fein zerteilt, dafs die wachsende Salzkruste kaum feucht erscheint. Zwischen dem Niveau der Lösung und dem Rande der Salzkruste bleibt scheinbar ein Raum frei, der von einer ganz dünnen Flüssigkeitsschicht bedeckt ist. Der Schüler wird die Erklärung des Versuchs, wenn

vorher die Wirkung der Kapillaren erörtert ist, finden. Naturgemäfs schliefsen sich diese Versuche und die anzuknüpfenden geologischen Hinweise der Lehre von der Kapillarität an. Ähnlich kann man schöne Sublimationseffloreseenzen von Salmiak aus Ammoniaklösung und Salzsäure, die, mit porösem Verschlufs versehen, in einem gröfseren Raum geschützt vor Luftzug und sonstigen Störungen längere Zeit stehen, darstellen; die Sublimationen entstehen am Cylinder mit Salzsäure.

Es liegt auf der Hand, dafs auch die so wichtigen technischen Beziehungen bei den Durchsickerungsversuchen berührt und gezeigt werden können. Es wurden Filter (in Cylindern mit Abflussöffnungen oder gewöhnliche Trichter) aus Sand, geglühter Holzkohle und Kies hergestellt; trübe Flüssigkeiten laufen klar ab. Die Verhältnisse welche bei den Filtervorrichtungen für unsere Wasserleitungen in Betracht kommen, lassen sich in dieser Weise zeigen. Man wird dieselben meistens wohl dem Wasser oder der Kohle anschliefsen (Chemie). — Auch von der zweiten Reihe von Versuchen sollen von den vielen, die zur Durchführung gekommen sind, nur einige mitgeteilt werden.

b) Versuche über Suspendieren, Sedimentieren, Verhärtung, Abschlemmen, Bodenbeschaffenheit (Humus). Eine Grundanschauung, welche der Schüler erhalten sollte, ist die, zu sehen, wie sich die Schichten unserer Erdoberfläche haben bilden können. In manchen Gegenden haben die Schüler die Schichten nie gesehen, ein Durchschnittsprofil nicht kennen gelernt, während in anderen, wo Gelegenheit dazu wäre, nicht darauf geachtet ist. Die Versuche über Suspension und Sedimentierung können den Anhalt für diese Beobachtungen geben. In meinem Lehrbuch der allgemeinen Geologie habe ich (in Abteilung II, namentlich in Kapitel VIII, aber auch in den folgenden) eine grofse Zahl von Versuchen und Erscheinungen angegeben, welche die Wirkungen des Wassers in der Natur darthun und erläutern sollen. Indem ich auf dieselben verweise, bemerke ich, dafs dort auch die physikalischen Gesetze zusammengestellt sind, welche den Umänderungen der Erdrinde, die jetzt noch vor sich gehen, zu Grunde liegen. Hier mögen nur einige Versuche, die sich schnell anstellen lassen, wenn das nötige Material vorhanden ist, angeführt werden. Für den Grundversuch nehme ich nicht genau dasselbe Material wie es sich in der Natur findet. Man bringe in einen Cylinder von $3^1/_2$ dcm Höhe und einer Weite, dafs er sich mit der flachen Hand oder Glasplatte (9 cm) gut abschliefsen läfst, groben Kies, Sand, Schlemmkreide, geriebenen Thon, Eisenfeile und Schwefelblumen, jedes ungefähr in gleichen Mengen, übergiefse mit Wasser, rühre um und schüttle mehrmals das Ganze stark durcheinander, so dafs eine innige Mischung und Suspension vor sich geht. Schon nach wenigen Augenblicken der Ruhe vollzieht sich dann die Sedimentierung, zu unterst die groben Kiesmassen mit etwas herabgerissenem Sandmaterial, dann die übrigen Materialien, je nach der Verteilung in ganz regelmäfsigen Schichten; nach einer Viertelstunde hat sich der Hauptprozefs vollzogen, das Wasser enthält nur noch einiges sehr feine Material; auf demselben finden sich kapillarschwimmend hauptsächlich Schwefelblumen und Kreideteilchen. Die Sedimente geben ein vollständiges Bild eines aus Schichten zusammengesetzen Bodens, die oberste Schicht besteht aus dem Schwefel. Dieser und das Eisen wurden deshalb zugesetzt, um gleichzeitig darzuthun, wie schnell die chemischen Prozesse vor sich gehen. Kurze Zeit nach der Sedimentierung tritt die Eisenhydroxydbildung auf, das darüber stehende Wasser wird eisenhaltig, ein ockriger Absatz bildet sich und die einzelnen Schichten zeigen Färbungen, die von Eisenhydroxyd herrühren. Läfst man sehr lange stehen, so bildet sich Schwefeleisen unter schwärzlicher Färbung. Man kann durch Sedimen-

tierung auch Boden erhalten, der dem für die Durchsickerungsversuche aufgebauten vollständig entspricht. Sand, Schlemmkreide, geriebener Thon und Kies geben Schichtensedimente in derselben Weise wie vorhin, die dem natürlichen Boden entsprechen. Es wurden auch vorher in besonderen Cylindern Einzelversuche mit dem Material angestellt, die nach Bestimmung der ungefähren Zeitdauer zeigen, wovon Suspension und Sedimentierung abhängt; das schnelle Zubodensetzen des Dünensandes fällt dabei dem Schüler sofort auf, während er bei unserem gewöhnlichen märkischen Sande die bleibende Trübung des Wassers erkennt; hat man grade trübes Regenwasser zur Verfügung, aus dem man sedimentieren läfst, so kann man die Prozesse, die in der Natur vor sich gehen, direkt anschliefsen und die Schüler unter Hinweis auf die Wirkungen, die unsere Meteorwasser, Bach- und Flufsläufe haben müssen, auf die Gesetzmäfsigkeit für die Sedimente innerhalb des Flufslaufes hinweisen. Auch mit natürlichem Boden wurden diese Versuche angestellt und die Verschiedenheit desselben nachgewiesen; auch Flufssedimente (Schlamm, Kies u. s. w.) geben gutes Material.

Ein Versuch möge auch, um die Wirkung von Klärungsmitteln zu zeigen, (mit Alaun, Magnesiasalzen, Stafsfurter Salz) angestellt werden. Ein Cylinder mit Kreide- oder Thonsuspension und reinem Wasser und daneben ein eben solcher, dem etwas Lösung von Magnesiasalzen zugefügt ist, werden hingestellt; die schnellere Sedimentierung bei letzterem tritt hervor (Wirkung an Flufsmündungen). Es scheint mir kaum erforderlich, die Beispiele für diese Versuche zu vermehren, nur will ich hervorheben, dafs, wenn man die Sedimente lange stehen läfst, eine Verklumpung und Verhärtung eintritt, die das Festwerden der Sedimente in der Natur vor Augen führt.

Auch Gyps ist ein sehr geeignetes Material; man hydriert den gebrannten Gyps und kann leicht durch Zerreiben des eben erstarrten Gypsbreies Pulver erhalten. Die entstehenden Schichten sind natürlich alle mit Wasser stark gesättigt und eignen sich für Durchsickerungsversuche nicht. Nach Ablassen und Abgiefsen des Wassers kann das Trocknen nicht künstlich beschleunigt werden, so dafs es sehr lange Zeit dauert, ehe die Masse brauchbar wird, während sonst sich alle diese Versuche in sehr kurzer Zeit zu Ende führen lassen.

3. Versuche, die sich der Mechanik anschliefsen lassen.

Wenn man nicht Stofs, Reibung und Cohäsion der Mechanik der festen Körper zuerteilt, so bietet dieselbe wenig Veranlassung zu solchen Anknüpfungen, die überdies experimentell nur zum kleinsten Teile zu belegen wären und aus der Erfahrung erläutert werden müfsten. Dafür aber giebt die Hydromechanik ein aufserordentlich reiches Material, das überdies vollständig induktiv verwertet werden kann. Führen doch die Gesetze der Hydrodynamik unmittelbar zum Verhalten des Wassers in Flüssen und Kanälen, und zweckmäfsig wird man die zuletzt erwähnten Wirkungen mit diesen verknüpfen. Diesen lassen sich die Erörterungen der Wasserwellen und ihrer Wirkungen und Erscheinungen anschliefsen, die ich aber für gewöhnlich ausführlicher in dem einleitenden Abschnitte der Akustik „Wellenbewegung" besprochen habe, während sie in der Hydromechanik nur kurz zur Erörterung kamen. In einer grofsen Glaswanne kann man zunächst die Balancierwellen und ihre Gesetze zeigen, indem man das Gefäfs nach einer Seite ruckweise verschiebt, oder mit einem passenden Holzbrett auf den einen Teil des Niveaus einen Druck ausübt; das Hin- und Herpendeln der ganzen Wassermasse läfst sich, wie sonst die Fortpflanzung der Wellen durch suspendierte Bernsteinstückchen oder Sandteilchen sichtbar machen. Stellt man in dem Gefäfse einen ziemlich dicken Boden (12 cm) von Dünensand her

und übergiefst mit Wasser, so kann man den Schülern, die nicht Gelegenheit gehabt haben, am Meere zu beobachten, viele der Erscheinungen, die dort uns täglich immer wieder unterhalten, vorführen. Die Wellenfurchen erhält man leicht, indem man das Oberflächenwasser in irgend eine Art der Wellenbewegung versetzt; die Zerklüftungen des nassen Sandes, das Empordringen des Wassers beim Einbohren oder das Herausquellen des Wassers aus feuchtem Sande beim Druck sind in derselben Weise wie am Meerufer sichtbar zu machen. Man wird diese gröfsere Menge von Material (das ich von der Ostseeküste bezogen habe) nach dem Trocknen immer wieder zur Verfügung haben.

Besonderen Anlafs für geologische Anknüpfungen bietet das Gesetz der communizierenden Gefäfse, das ich auf der Unterstufe zur Einschaltung geologischer Betrachtungen im Anschlufs an Bohrlöcher und artesische Brunnen benutze. Nur einige hieher gehörende Versuche. Man wird die Quellenbildung überhaupt den physikalischen Gesetzen nach zur Erörterung bringen. Die kalten intermittierenden Quellen werden von Antolik (d. Zeitschr. *IV 126*) nicht aus dem Heberprinzip erklärt, sondern durch Wirkung der Kohlensäure (s. auch oben S. 219). Wendet man den

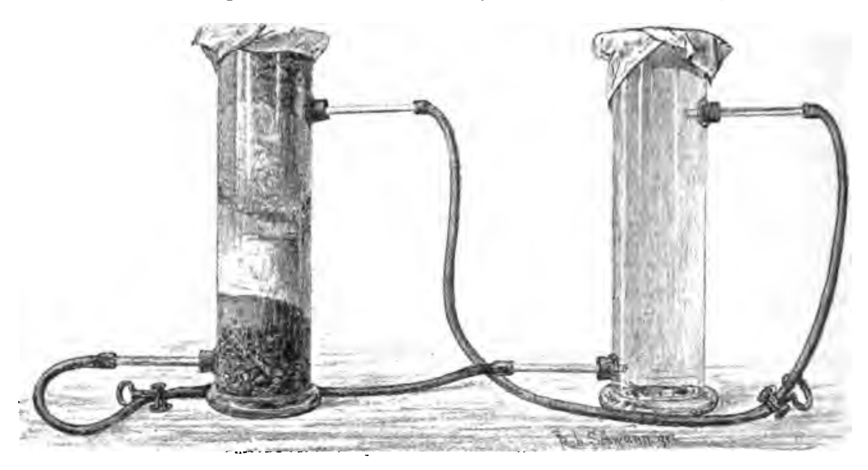


Fig. 6.

Ausdruck überhaupt auf zeitweise fliefsende Quellen, die nicht sprudelartig hervortreten, an, so lassen sich diese mit Hilfe des Doppelcylinders, ebenso wie die aufsteigenden und absteigenden zeigen. Für manche Versuche wurden auch Cylinder (bis 1 dm weit) angewandt, welche unten und oben eine Durchbohrung hatten (s. Fig. 6). Die Durchbohrungen sind mit Gummipfropf und Glasröhre mit Ansatzrohr verschlossen; die letzteren können durch lange Schläuche beliebig mit einander in Verbindung gesetzt werden. Die Verschlüsse werden überall durch Quetschhähne bewirkt.

Bei dem einfachen Apparat, bei dem nur die unteren Durchbohrungen vorhanden sind (s. Fig. 5), wird der eine Cylinder mit Sand, der andere mit Wasser gefüllt; es zeigt das Eindringen nach dem Gesetz der communizierenden Gefäfse deutlich, das Wassergefäfs *B* wurde ungefähr $^3/_4$ m höher gestellt, der Sand lockert auf, oben dringt das Wasser heraus, das man, wenn oben unter der Oberfläche eine Abzugsöffnung ist, abfliefsen lassen kann; der Sand lockert sich so auf, dafs jetzt ein schwerer Körper (Gewichtsstück) einsinkt (Triebsand der Nehrungen). Senkt man in den Sand eine Glasröhre und saugt (mit dem Munde oder mit einem in die Röhre gebrachten Stempel), so hat man das Quellwasser; läfst man das Wasser aus der unteren Öffnung laufen, so hat man absteigende Quellen, und so lassen sich Versuche mannigfach variieren,

aber noch mehr dadurch, wenn man die untere Sandschicht durch eine undurchlässige Thonschicht von der oberen trennt. Man kann dann bei dem einen Versuch zeigen, dafs beim Zutritt des Wassers die obere Sandschicht kein Wasser enthält, dies aber sofort eintritt (das Wassergefäfs *B* steht etwas höher), wenn man die Thonschicht durchbohrt und nun an der Oberfläche gewonnen werden kann; ist der Wasserzuflufs sehr reichlich, so giebt die Anordnung eine Vorstellung, wie das Schneidemühler Brunnenunglück 1892/93 entstehen konnte. Wendet man mehrere Schichten an und bringt 3 Durchbohrungen beim Gefäfs *A* an, so lässt sich zeigen, dafs eine wasserführende Schicht von zwei nicht wasserführenden getrennt sein kann u. s. w. Wie dieses Modell sich für Demonstration der artesischen Brunnen eignet, ist unmittelbar ersichtlich. Bei der Besprechung dient als Anschauungsmaterial weiter eine Bohrkrone mit Bohrkernen und Zeichnungen. Die Zwecke des Bohrens werden erläutert.

Vielleicht sind einige Angaben über die Bohrlöcher willkommen, die hier folgen mögen. Das tiefste Bohrloch der Erde ist das von Paruschowitz bei Rybnik in Oberschlesien. Die erreichte Tiefe war 2003,34 m. Nach dem jüngst veröffentlichten Berichte des Bergrates Köbrich betrug das Gesamtgewicht des Bohrgestänges schliefslich 13 875 kg; die Temperatur nahm mit der Tiefe unregelmäfsig zu, sie betrug in 2000 m Tiefe 69,3° C., nahm also durchschnittlich bei je 34 m um 1° C. zu; durch die Bohrung wurden 83 Steinkohlenflötze von teilweise grofser Mächtigkeit nachgewiesen, ihre Gesamtmächtigkeit belief sich auf 89,50 m. Von anderen Bohrlöchern seien genannt: Admiralsgartenbad in Berlin 232 m, Rüdersdorf bei Berlin 300,5 m, Grenelle (Paris) 545 m, Neusalzwerk 672,9 m, Sperenberg 1268,6 m (Temp. 48,1°), Schladebach (Merseburg) 1761 m (Temp. 56,62°).

Mit dem Doppelapparate lassen sich die entsprechenden Versuche, nur noch mannigfaltiger, anstellen; in noch höherem Grade (was ich nicht durchgeführt habe), wenn man noch in der Mitte Durchbohrungen anbringt und so auch die mittleren Schichten mit einander oder mit unteren oder oberen Schichten in Verbindung setzen kann.

Von den übrigen mechanischen Versuchen soll hier abgesehen werden, nur in Beziehung auf gasförmige Körper möge es gestattet sein, einiges anzuführen. Bezüglich der Wirkungen der Winde, die früher unterschätzt waren, verweise ich auf Czernys wichtige Arbeit: „Die Wirkungen der Winde auf die Gestaltung der Erde“ und Sokolow: „Die Dünen, Bildung, Entwickelung und innerer Bau“ (deutsche Ausgabe von Arzruni). Die Staubbildung und Absetzungen lassen sich leicht auch an Beobachtungen, die alltäglich zugänglich sind, erläutern.

Das Ansammeln der spezifisch schweren Kohlensäure wird gewöhnlich in Gläsern gezeigt; daneben empfiehlt es sich, diese Erscheinung, aus der sich die Dunsthöhle bei Pyrmont, die Hundsgrotte bei Neapel, die Giftgruben am Laachersee u. s. w. erklären, so umzugestalten, dafs man eine Glaswanne nimmt und den Boden derselben mit Sand bedeckt. Von einem Kippschen Apparat aus, in dem die Kohlensäure unter etwas erhöhtem Druck entwickelt werden kann, führt eine Gasentbindungsröhre mit kurzer vertikaler Mündung in das Gefäfs; die Mündung des Rohres und ein grofser Teil desselben ist ganz mit Sand bedeckt; die Oberfläche des Sandes etwa 9 cm unter dem Rande bleibt ganz unverändert. Man stellt den Versuch mit dem Abstreifen der Flamme einer Kerze, die sich beim schnellen Herausziehen aus der Kohlensäureschicht wieder zum Zurückspringen bringen läfst, an. Lichter erlöschen auch in ziemlicher Entfernung von der unsichtbaren Ausströmungsöffnung an dieser Erdoberfläche. Man hat so im kleinen ein wahres Giftthal wie das Pakaraman auf Java erhalten.

Bringt man die Öffnung, aus der die Kohlensäure ausströmt, nur 1 bis 2 cm unter die Oberfläche, so wird der Sand oder das sonst angewendete lockere Material (thoniger Schlamm) empórgeschleudert, es entstehen kraterförmige Vertiefungen und Umwallungen; die Aufthürmung von Schlammhügeln wie bei Istrup in Westfalen ist dadurch veranschaulicht; nimmt man Leuchtgas (des Abends reicht der gewöhnliche Gasdruck aus), so lassen sich die Erdfeuer und Feuerbrunnen, Schlammvulkane und Salsen nachahmen.

4. *Versuche aus der Chemie.*

Der Raum gestattet es nicht, hier noch weiteres zu geben; die Beispiele werden aber ausreichend zeigen, in welcher Weise die Geologie auch in den experimentellen Naturwissenschaften berücksichtigt werden kann. Die Chemie giebt dazu mindestens ebensoviel Gelegenheit und Veranlassung wie die Physik, wenn man ihr die Lösungserscheinungen zurechnet und die gesamten Verwitterungsprozesse hinzunimmt. Man schliefst wohl am besten hier die geologischen Betrachtungen den einzelnen Stoffen an, und kann wohl soweit gehen, dafs man, wie oben dargelegt, auf einer oberen Stufe einen zusammenfassenden Überblick giebt.

Als einer der Hauptanknüpfungspunkte bieten sich bei den Kalksalzen Calciumsulfat und -Carbonat dar. Beim Kalkstein wird man die verschiedenen Bildungen aus kohlensäurehaltigem Wasser zeigen und erörtern. Ein ausgezeichnetes Material für diese Versuche erhält man, wenn man gesättigtes Kalkwasser mit Sodawasser fällt und das Carbonat durch einen Überschufs wieder auflöst (saurer kohlens. Kalk). Die aufserordentlich stark carbonathaltige Lösung läfst sich Wochen lang aufbewahren; durch schwaches Erwärmen bewirkt man schnellere Ausscheidung.

Die Wirkung der Tropfen kann man auf einer (9 dcm grofseu) Kreideplatte zeigen und allgemein die Tropfenwirkung auf Sandboden etc. anschliefsen. Es gelingt leicht, Erdpyramiden-ähnliche Bildungen (Erdpyramiden bei Bozen) zu erhalten, wenn man lockere Erde mit kleinen Steinen zerstreut bedeckt und dem Regen aussetzt; die Erdpyramiden waren z. T. 3—4 cm hoch. Die verschiedene Widerstandsfähigkeit des Kalksteins kann man darlegen an Versuchen mit Austernschalen. Die Oberflächen verhalten sich beim Anätzen mit verdünnten Säuren (s. Fig. 7), ebenso auch die Oberflächen der natürlichen Kalksteine, sehr verschieden. Auch die Bildung der Strudellöcher läfst sich leicht zeigen. Man braucht nur in den lockeren Sand- oder Humusboden einen Wasserstrahl hineinzuleiten und hat ein Experiment, welches zeigt, wie die zahllosen Sölle der norddeutschen Tiefebene in Mecklenburg und Preufsen, in den Gegenden, welche von den diluvialen Gletschern bedeckt waren, entstanden sein können. Eine natürliche Ätzung zeigte eine Austernschale, die von oft befeuchteter Erde bedeckt, überdies dem Regen ausgesetzt war; statt des letzteren wurde sie öfters mit Sodawasser begossen; die kavernenfeldähnlichen Erosionen traten allmählich deutlich hervor.



Fig. 7.

Das ganze Gebiet der Herstellung von Mineralien bietet reichlichen Stoff für geologische Anknüpfungen, und es wird wohl auch kaum ein Chemieunterricht erteilt, wo nicht davon Gebrauch gemacht wird und Versuche in dieser Richtung angestellt werden. In Bezug auf die geognostischen Versuche verweise ich auf die früheren Bemerkungen; die angegebenen Quellen geben reichlich Material für diejenigen, welche diese Versuche auch im Unterricht benutzen wollen oder können. (Reyer.)

Weitere Versuche, welche sich auf die Umwandlungen der Erdoberfläche durch Organismen erstrecken und dem naturgeschichtlichen, aber auch dem chemischen Unterrichte angeschlossen werden können, betreffen die Bildung von lignitartigen Hölzern, Herstellung von Humus, Untersuchung von Torf, Herstellung von Abdrücken und Versteinerungen. Als besonders fruchtbar möchte ich es hervorheben, wenn direkt die Naturkörper wie hier angedeutet zur Untersuchung herangezogen werden; in den praktischen Übungsstunden für Physik habe ich mehrmals den Versuch gemacht und die Schüler selbst mit nachdenken lassen, welche Veränderungen sich wohl mit dem Körper ausführen liefsen, die dann vielfach auch ausgeführt wurden.

Aus dem Gegebenen geht hervor, wie sich diese Experimente durchführen und erweitern lassen, sodafs von weiteren Mitteilungen abgesehen werden kann. Um Mifsverständnissen zu begegnen, möchte ich bemerken, dafs diese Experimente niemals hintereinander angestellt wurden, im Laufe des jahrelangen Unterrichts wurden regelmäfsig nur einzelne bestimmte vorgeführt, auf die meisten aber gelegentlich eingegangen, sodafs eine Überlastung der Schüler mit Anschauungsmaterial nicht stattfand. Manche Versuche und Mitteilungen wurden auch bei Besprechung besonderer Naturereignisse gegeben. Diese Mitteilungen, die sehr knapp sein können, tragen auch dazu bei, die falschen Vorstellungen der Schüler, die sie bei übertriebenen Darstellungen solcher Ereignisse leicht erhalten, richtig zu stellen.

Wenn das Mitgeteilte zeigt, wie man die Geologie berücksichtigen kann, und wenn es weitere Anregung bringt, so ist sein Zweck erreicht. Den übertriebenen Anforderungen gegenüber, dafs die Schule jetzt allen Beziehungen des Lebens entgegenkommen solle, ist ein Weg angedeutet, wie weit dies geschehen kann. Für Hygiene (Verhalten der Baumaterialien, Durchlässigkeit derselben, Umänderungen — Mauersalpeter —, Temperaturablesungen — und Registrierungen, Heiz- und Ventilationseinrichtungen, Versuche mit Mauersteinen) lassen sich ganz entsprechende Zusammenstellungen machen, und das Dorotheenst. Realgymnasium besitzt in dieser Beziehung eine Reihe von Einrichtungen zur Demonstration von Versuchen, die auch für weitere Kreise Interesse haben könnten. Die naturwissenschaftlich vorgebildeten Lehrer sind in dieser Beziehung für allgemeine hygienische Überwachung mindestens ebenso befähigt wie die Ärzte.

Dafs die im Vorstehenden angeführten Darlegungen durch Exkursionen und Betrachtungen in der Natur unterstützt werden, ist durchaus erforderlich, und jeder Lehrer, der solche Exkursionen, auf welchen die Schüler in das Gebiet der Naturerscheinungen und die Erklärung der alltäglich sich darbietenden Naturanschauungen eingeführt werden, geleitet hat, wird mit Freude und innerlicher Befriedigung auf dieselben zurückblicken; hier bietet sich den jüngeren Lehrern ein weites Feld fruchtbarer Thätigkeit.

Neue physikalische Apparate.

Von

Hans Hartl in Reichenberg (Deutschböhmen).

1. Modell der Schiffs- und Luftschraube.

Das in Fig. 1 dargestellte Modell zur Demonstration der Wirkung der Flügelschraube bietet den Vorteil, dafs auf kleinem Raum ein langer Weg von den rotierenden Flügelschrauben zurückgelegt werden kann, da die Bewegung im Kreise erfolgt. Ein Doppelrahmen RR aus Metall ruht, sehr leicht drehbar, auf einer Achse A, die

mittels der Platte P auf dem Boden des Blechgefäfses G befestigt ist. Jeder Rahmen trägt, zwischen Körnerspitzen gelagert, eine Flügelschraube ff. Die beiden Schnüre l_1 l_2, welche auf den Achsen a der Flügelschrauben aufgewickelt werden, vereinigen sich in der Schnur l, die über die Rollen V_1 und V_2 geführt und an ihrem Ende durch ein Gewicht P belastet wird. Das Gefäfs G wird mit Wasser gefüllt. Sobald man nun die Flügelschrauben, die entweder durch festes Anziehen der Schrauben s oder durch quer über den Rahmen zwischen 2 Flügeln liegende Stricknadeln bisher festgehalten wurden, freimacht, beginnen dieselben zu rotieren und zugleich dreht sich die ganze Vorrichtung um die vertikale Achse A. Die Dauer des Versuches kann noch verlängert werden, wenn man das Gefäfs G so an den Rand des Experimentiertisches stellt, dafs das Gewicht P durch die Tischplatte nicht aufgehalten wird und bis zum Fufsboden herabsinken kann. Es ist selbstverständlich, dafs man bei der Aufwicklung der Schnüre l_1 und l_2 darauf achten mufs, dafs sich die beiden Flügelschrauben im übereinstimmenden Sinne drehen, da sie im entgegengesetzten Falle einander entgegenarbeiten. Will man die Vorrichtung als Luftschraube benutzen, so schüttet man das Wasser aus dem Gefäfse G und zieht die Schnüre möglichst rasch mit der Hand ab. Die Vorrichtung dreht sich dann einigemale um ihre Achse A.

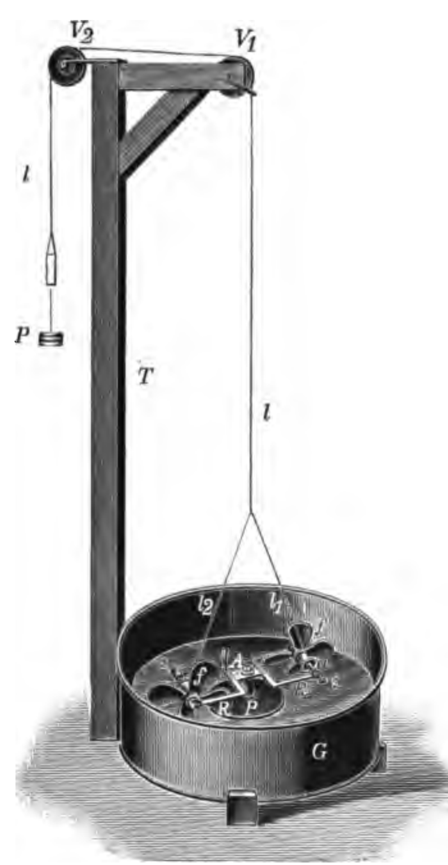


Fig. 1.

Um die wichtige Umkehrung zu zeigen, dafs durch den Druck des Wassers gegen die bewegten Flügelschrauben Arbeit geleistet werden kann, wählt man dieselbe Anordnung wie beim ersten Versuche und dreht hierauf mit der Hand den Rahmen im entgegengesetzten Sinne, was bei einiger Übung nicht schwierig ist. Man sieht dann, wie die Flügelschrauben durch den Widerstand des Wassers in Rotation geraten, wobei sich die Schnüre l_1 und l_2 aufwickeln und dadurch das Gewicht P heben.

2. Ein einfacher Apparat zum Nachweise des Rückstofses ausströmender Flüssigkeiten, Gase und Dämpfe[1]).

An dem Ständer S (Fig. 2) ist ein Arm a befestigt, der ein Messingrohr trägt. Dieses ist durch einen sehr schmiegsamen Kautschukschlauch mit einer Metallröhre R verbunden, die bei o zwei einander diametral gegenüberstehende Öffnungen besitzt, deren Gröfsen sich verhalten wie 1 : 2. Durch einen die Röhre bis zu etwa $^2/_3$ umfassenden federnden Verschlufs kann die eine oder die andere Öffnung abgeschlossen werden. Das obere Ende der festen Messingröhre bei a ist durch einen, im Innern mit Spiralfeder versehenen Schlauch G mit einem Trichter T verbunden, der auf

[1]) Vgl. d. Ztschr. *VIII 94*, Versuche zur Hydromechanik von demselben Verfasser. *Anm. der Red.*

einem längs des Ständers *S* verschiebbaren Halter *h* ruht. Sobald man Wasser in den Trichter gieſst, welches aus der Öffnung *o* in eine vorgesetzte Wanne *W* ausströmt, wird die Röhre *R* durch den Rückstoſs in eine schräge Lage getrieben, und die an der Skale *A* abzulesende Ablenkung giebt ein Maſs für die Gröſse des Rückstoſses, und zwar bedeutet jeder Skalenteil 1 Gramm. Bei gleicher Einstellung des Trichters zeigt sich, daſs für die gröſsere (doppelt so groſse) Ausfluſsöffnung auch der Rückstoſs doppelt so groſs ist wie für die kleinere Öffnung. Bei gleicher Öffnung ergiebt sich, daſs bei verschiedener Einstellung des Trichters mit der Druckhöhe auch der Reaktionsdruck (Rückstoſs) wächst, und zwar proportional der Quadratwurzel aus der Druckhöhe. Bei Durchführung der Versuche ist es von Vorteil, die Ausfluſsöffnung so lange mit dem Finger zu schlieſsen, bis die Röhre und der Trichter gefüllt sind, dann den Finger abzuheben und gleichmäſsig Wasser nachzugieſsen, damit das Niveau im Trichter constant bleibt. Um den Reaktionsdruck ausströmender Gase zu zeigen, ersetzt man den Trichter *T* durch ein Mundstück *m*, durch welches man Luft einbläst. Den austretenden Luftstrom kann man durch eine Flocke Watte, die man an dem Häkchen *i* pendelnd aufhängt, ersichtlich machen. Will man endlich den Rückstoſs ausströmender Dämpfe nachweisen, so ersetzt man den Trichter *T* durch eine mit etwas Wasser gefüllte Blechkugel *B*, die man auf den tiefer gesetzten Halter *h* aufsetzt, während man durch eine Gas- oder Spiritusflamme das Wasser zum Kochen bringt. Der bei *o* ausströmende Dampf treibt dann die Röhre *R* in die schräge Lage.

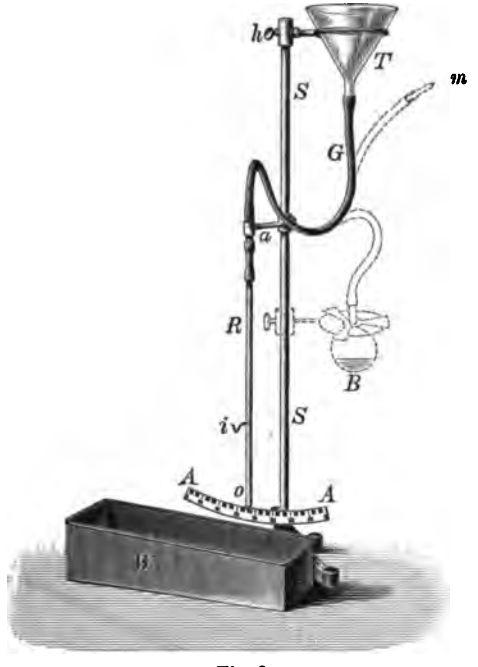


Fig. 2.

3. Rezipient für elektrische Glühversuche.

(Zur Erklärung der Glühlampe.) Der aus starkem Glase hergestellte kleine Rezipient *R* (Fig. 3) besitzt zwei einander gegenüberstehende Bohrungen, in welche zwei Schraubenklemmen K_1 K_2 luftdicht eingesetzt sind. Diese Schraubenklemmen tragen zwei etwas conkave, federnde Metallplättchen n n_1. Zwei durch ein Ebonitklötzchen *e* mit einander fest verbundene Eisencylinder c_1 c_2 sind mit cylindrischen Bohrlöchern versehen, welche mit Quecksilber gefüllt werden. Ein feiner Kohlenfaden wird mit seinen beiden Enden in das Quecksilber gesteckt und nun wird die ganze Vorrichtung zwischen die federnden Plättchen n n_1 eingeschoben, wie dies aus Fig. 3 ersichtlich ist. Hierauf bringt man den Rezipienten mit der Luftpumpe in Verbindung und evakuiert ihn. Leitet man nun einen entsprechend starken Strom mittels der Klemmen K_1 K_2 durch den Kohlenfaden, so wird dieser glühen, ohne zu verbrennen. Sobald man jedoch Luft



Fig. 3.

eintreten läfst, findet sofort die Verbrennung des Kohlenfadens statt. Dabei ist es zweckmäfsig, den Strom zuerst zu unterbrechen, den Rezipienten ganz mit Luft zu füllen und dann erst den Strom wieder einzuleiten[1]).

4. Neuer Zusatz zur optischen Scheibe.

Die im Maiheft 1896 dieser Zeitschrift (*IX 113*) beschriebene „optische Scheibe" war bisher eigentlich nur für Versuche mit einzelnen Strahlen und mit einem System von Parallelstrahlen eingerichtet. Zwar bot die gleichzeitige Benutzung der Sammellinse mit einem anderen optischen Körper auch jetzt schon die Möglichkeit, wenigstens einzelne Versuche mit centraler Beleuchtung durchzuführen, doch konnte dies nicht in dem ausgiebigen Maasse geschehen, welches insbesondere in betreff der Linsen- und Spiegelwirkung auf centrale Strahlenbüschel wünschenswert erscheint. Die im folgenden beschriebene Anordnung erweitert die Leistungsfähigkeit der optischen Scheibe in der angeführten Richtung in sehr hohem Maasse und gestattet, eine ganze Reihe ebenso lehrreicher wie schöner Versuche mit einem Systeme scharf getrennter centraler Strahlen durchzuführen, insbesondere auch die Beziehungen zwischen Gegenstand und Bild aufs anschaulichste darzustellen.

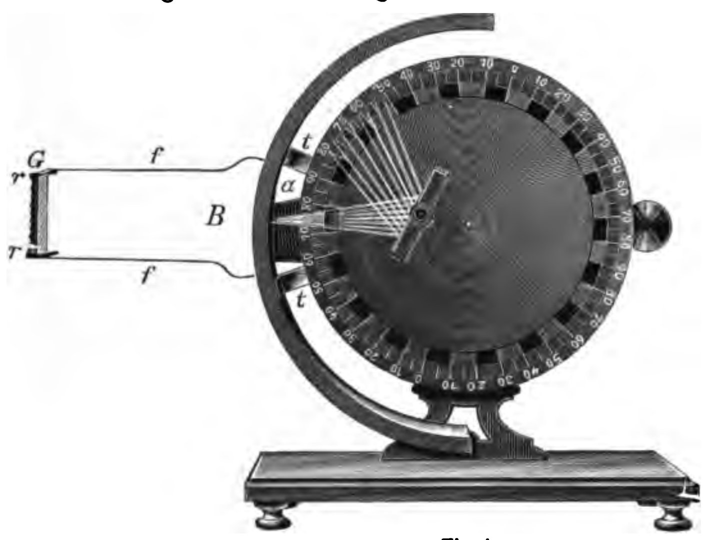


Fig. 4.
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

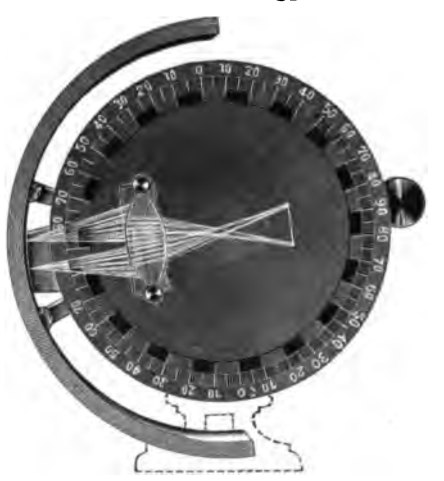
Die Herstellung leuchtender Punkte, d. h. divergenter, von einem Punkte ausgehender Lichtstrahlen wird in folgender Weise bewerkstelligt. Eine Krystallglasplatte *G* (Fig. 4), in welche ein System paralleler Cylinderlinsen eingeschliffen ist, verwandelt die auf sie fallenden Sonnenstrahlen in 8 centrale Strahlenbüschel, die von den imaginären Brennlinien der conkaven Cylinderlinsen ausgehen. Wenn nun diese Strahlenbüschel auf einen Spalt des Spaltbleches *B* fallen, so sendet jedes einen Strahl durch den Spalt und es treten demnach 8 divergierende, scharf begrenzte Strahlen auf, welche von dem Spalt auszugehen scheinen. Ein an der Scheibe angebrachter Ansatz *a* dient dazu, diese Strahlen von ihrem scheinbaren Ausgangspunkte, d. i. von dem Spalt an, deutlich sichtbar zu machen. Für den Schüler, der ja die in der Luft (zwischen *G* und *B*) verlaufenden Strahlen nicht sieht, erscheint also thatsächlich jeder Spalt als ein leuchtender Punkt, der 8 weifse, rote oder grüne divergente Strahlen aussendet, je nachdem der Spalt offen oder durch eine rote oder grüne Glasplatte bedeckt ist.

Die Glasplatte *G* wird zwischen zwei an die federnden Arme *f f* angelötete Rinnen eingesetzt und bei allen Versuchen so eingestellt, dafs ihr „Schatten" genau auf die Spalten fällt und dieselben in ihrer ganzen Länge bedeckt. Die aus starkem Blech gefertigten Arme *f* sind unten rechtwinklig umgebogen. Die umgebogenen

[1]) Herr Jul. Antusch, Mechaniker in Reichenberg, Deutschböhmen, liefert die Schiffsschraube für 34,50 M., dieselbe ohne Gestell mit blos einer Flügelschraube für 20,50 M., den Apparat für Reaktionsdruck samt Zubehör für 17,30 M., den Rezipienten für Glühversuche einschl. 20 Kohlenfäden, für 10,30 M.

Lappen haben je ein Loch. Die beiden unmittelbar neben dem Spaltloche der Blendung *B* befindlichen Schrauben, durch welche die Blendung an den Träger *t* festgeschraubt ist, werden abgeschraubt und zur Befestigung der Arme *f* benutzt, indem man sie durch die Löcher der besprochenen Lappen steckt und dann wieder anschraubt. Die Anbringung der neuen Vorrichtung kann also von jedermann in wenigen Minuten vorgenommen werden.

Das neue Spaltblech hat drei Spalten, welche durch Plättchen aus Messing oder farbigem Glas bedeckt werden können. Durch die Messingplättchen werden die betreffenden Spalten ganz geschlossen, während die Glasplättchen dazu dienen, die von dem betreffenden Spalte ausgehenden Strahlen zu färben und dadurch von anderen Strahlen deutlich abzuheben. Die Grundversuche sind mit einem Strahlenbüschel vorzunehmen, (die beiden äufseren Spalten werden durch Messingplättchen verdeckt), wobei man bei Linsen und sphärischen Spiegeln den leuchtenden Punkt (Spalt) einmal in der Achse, einmal aufser der Achse annimmt. (Drehung der Blende oder Scheibe!) Will man dann die Versuche mit zwei oder drei Strahlenbüscheln durchführen (Fig. 5), so empfiehlt es sich, die beiden äufseren Spalten mit blafsgrünem, bezw. blafsrotem Glas zu bedecken, den mittleren Spalt aber entweder mit einem Messingplättchen zu verschliefsen oder frei zu lassen. Im letzteren Falle erhält man drei leuchtende Punkte: oben einen rotleuchtenden, in der Mitte einen weifsleuchtenden und unten einen grünleuchtenden. Die Färbung der Strahlen bewirkt, dafs man selbst bei solchen Versuchen, wo sich die Strahlen vielfach kreuzen, den Gang der einzelnen Strahlenbüschel ganz deutlich und unbeirrt verfolgen kann.


Fig. 5.

Aus der grofsen Zahl instruktiver Versuche, die sich mit Hilfe der angegebenen Vorrichtung an der optischen Scheibe ausführen lassen, seien nur folgende hervorgehoben:

1. Nachweis, dafs die von einem Punkte ausgehenden Strahlen nach der Reflexion an einem ebenen Spiegel von einem Punkte herzukommen scheinen, der bezüglich der Spiegelebene zum leuchtenden Punkte symmetrisch liegt. (Bildregel für den Planspiegel [Fig. 4.])

2. Reflexion der von einem leuchtenden Punkte (von zwei oder drei leuchtenden Punkten) ausgehenden Lichtstrahlen am Hohlspiegel. — Entstehung eines reellen Bildes.

3. Analoge Versuche am Convexspiegel.

4. Brechung der von einem leuchtenden Punkte (von zwei oder drei leuchtenden Punkten) ausgehenden Lichtstrahlen durch eine Sammellinse. (Zu diesem Versuche benutze man die neue Linse von ca. 60 mm Brennweite.) Die Entstehung des reellen Bildes zeigt sich insbesondere bei Anwendung gefärbter Strahlen überraschend schön (Fig. 5). Das Bild wird noch leuchtender, wenn man es mit einem schmalen Kartonstreifchen auffängt, das man mit etwas Wasser an die Scheibe klebt.

5. Analoge Versuche an der Zerstreuungslinse.

6. Erklärung der durch Brillengläser hervorgebrachten Wirkung. Die starke Linse (wie bei Versuch 4) wird in der Mitte der Scheibe aufgesetzt. Hierzu sind

die zwei, sonst für die Befestigung der halbkreisförmigen Platte (diese Zeitschrift 1896, S. 144, Fig. 2) dienenden Löcher zu benützen. (An neueren Scheiben ist die Linsenstellung bereits vorgezeichnet.) Hierauf erzeugt man nach Fig. 5 ein reelles Bild. Hält man nun — einfach mit der Hand — die jeder optischen Scheibe beigegebene Sammellinse oder Zerstreuungslinse vor die starke Linse, welche in diesem Falle die Augenlinse darstellt, so sieht man, wie das Bild nach vorn bezw. nach hinten rückt, wodurch in sehr anschaulicher Weise die Wirkung der Brillengläser demonstriert wird.

7. Diaphragmen-Wirkung. Es ist selbstverständlich, dafs bei den unter 4 und 6 genannten Versuchen die sphärische und chromatische Abweichung zutage tritt. Dies giebt Gelegenheit, die Verschärfung der Bilder bei Anwendung eines Diaphragmas zu zeigen. Das letztere besteht aus einem geschwärzten Blech, das mit zwei rechtwinklig gebogenen federnden Theilen zwischen Linse und Knopfschraube eingesetzt und beim Anziehen der Schraube gleichzeitig mit der Linse angepresst wird.

Hierdurch sind nur die Fundamentalversuche, für welche die neue Vorrichtung dient, hervorgehoben. Es wird nicht schwer fallen, daran nach Mafsgabe des Unterrichtszweckes und der zur Verfügung stehenden Zeit noch eine Reihe anderer interesssanter Experimente anzuschliefsen.

Bringt man die Glasplatte *G* (Fig. 4) nicht fest an der Scheibe, sondern auf einem eigenen Stative an, so dafs sie in verschiedener Entfernung vom Spalt aufgestellt werden kann, so erhält man je nach der Entfernung mehr oder weniger stark divergierende Strahlenbündel, wodurch sich die Versuche mannigfach variieren lassen. Der bei der angegebenen festen Einstellung der Platte angenommene Abstand von 20 cm giebt Lichtbündel, deren Divergenz sich für alle Versuche gut eignet.

Die Herstellung divergenter Strahlenbüschel läfst sich auch in folgender Weise bewirken. Ein Spaltblech trägt 2 Felder von je 6 Spalten. Diese Felder sind mit zwei Cylinderlinsen aus blafsrotem bezw. blafsgrünem Glase bedeckt, deren Brennlinien gerade auf den Rand der Scheibe fallen. Man sieht dann am Rande zwei kräftig leuchtende Punkte, von denen büschelförmige Strahlen ausgehen. Von diesen Strahlen ist aber jeder einzelne stark divergent; auch läfst sich in diesem Falle weder die Divergenz der Strahlen, noch die Anzahl der leuchtenden Punkte so einfach variieren, wie bei der erst geschilderten Anordnung, welche unbedingt vorzuziehen ist.

An dieser Stelle sei noch einigen allgemeinen Bemerkungen über die Bedienung der optischen Scheibe Raum gegönnt. Beim Anschrauben der einzelnen optischen Platten empfiehlt es sich, zuerst die zwei Knopfschrauben mit wenigen Gängen einzudrehen, dann erst die Platte anzuhalten und festzuschrauben. Ein Herunterfallen der Platten während des Anschraubens wird dadurch gänzlich vermieden. — Dafs sich einzelne optische Körper, z. B. Sammel- und Zerstreuungslinse, auch combinieren lassen, wobei in vielen Fällen eine Schraube zum Festhalten einer Platte genügt, ist selbstverständlich. — Zum Zuwerfen des Sonnenlichtes dient ein Reflektor (Fig. 6). — Statt der Spaltbleche kann man Kartonscheiben verwenden, in die man Spalten von beliebiger Breite und Entfernung mit einem Zeitaufwande von wenigen Minuten anbringen kann. — Bei den Versuchen mit den Spiegeln empfiehlt es sich,

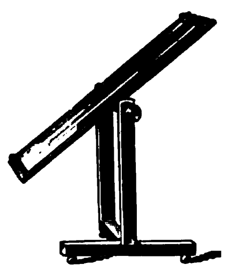


Fig. 6.

dem den Lichtstrahlen abgewendeten Theil des den Spiegel tragenden Holzrahmens etwas Karton, Watte u. dgl. unterzulegen, so dafs sich der Spiegel in der Richtung gegen den Spalt ein wenig nach vorn über die Scheibe neigt. Die reflektierten Strahlen erscheinen dann bedeutend intensiver[2]).

Versuche mit kurzen elektrischen Wellen.

Von

Prof. Dr. **H. Rubens** in Berlin.

Im Septemberheft des vorigen Jahrganges dieser Zeitschrift (*IX 241*) sind einige Versuche beschrieben, welche ich bei Gelegenheit des Ferienkursus für Oberlehrer demonstriert und zur Einführung im Unterricht der höheren Lehranstalten empfohlen habe. Die Versuche bezwecken die Demonstration der Eigenschaften elektromagnetischer Strahlen von kurzer Wellenlänge und sind insbesondere geeignet, die Ähnlichkeit des Verhaltens der elektrischen Strahlen und der Lichtstrahlen hervortreten zu lassen.

Die Apparate, welche ich zur Erzeugung und Beobachtung der elektrischen Schwingungen zur Anwendung brachte, habe ich neuerdings in einigen Punkten verändert und den bereits mitgeteilten Versuchen über Absorption, Reflexion, Brechung und Polarisation der elektrischen Strahlen einige neue über Interferenz und Doppelbrechung hinzugefügt und in der am 31. Mai stattgehabten Sitzung dem Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts demonstriert.

Der jetzt von mir benutzte Primärleiter unterscheidet sich von dem früher beschriebenen und in Fig. 1 dargestellten nur dadurch, dafs die beiden kleinen Luftfunken *a* und *b* weggelassen sind. Die federnden Metalldrähte f und f_1 reichen jetzt unmittelbar bis an die beiden Hälften des eigentlichen Primärleiters h und h_1. Der Grund dieser Abänderung liegt in der unterdessen durch besondere Versuche gewonnenen Erkenntnis, dafs der Primärleiter in der von mir beschriebenen Form auch ohne Anwendung der Righischen Luftfunken genügend reine Schwingungen aussendet und die Zuleitungsdrähte dabei keine Rolle spielen. Die Vermeidung der Funkenstrecken bei *a* und *b* trägt aber nicht nur zur Vereinfachung der Construktion des Apparats bei, sondern bewirkt auch eine wesentliche Steigerung der Intensität der primären Schwingungen.

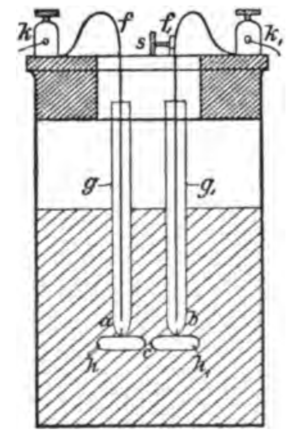


Fig. 1.

Der Empfangsapparat zeigt gleichfalls eine nur wenig veränderte Form, wie dies die nachstehende Fig. 2 erkennen läfst. Im Brennpunkt des Hohlspiegels $A_1 A_2$ befindet sich der sekundäre Leiter B, welcher in Fig. 3 von vorn gesehen dargestellt ist. Zum Schutze gegen äufsere Wärmeeinflüsse ist B von einer kleinen Dose aus Vulkanfiber umgeben. Die zu dem Galvanometer führenden Drähte des Thermo-

---

[2]) Herr Julius Antusch, Feinmechaniker in Reichenberg, Deutschböhmen, liefert die angegebenen, an jeder Scheibe leicht anzubringenden Zusätze einschliefslich der neuen Cylinderlinse für 14 M., so dafs sich nunmehr der Preis der completen optischen Scheibe, die aber auf Verlangen auch bloss mit den früheren Zusätzen geliefert wird, auf 69 M. stellt. Der sehr empfehlenswerte Reflektor (Fig. 6) zum Zuwerfen des Sonnenlichtes wird nunmehr bei unverändertem Preise (8 M.) in gufseisernem Gestelle geliefert.

elements durchlaufen das Ebonitrohr BC und endigen in den Klemmen D_1 und D_2. Die ganze Vorrichtung, bestehend aus dem sekundären Leiter B nebst Dose, Ebonitrohr und Ansatzstück C mit den Klemmen D_1 und D_2 kann zur Justierung des Resonators B in den Brennpunkt des Hohlspiegels $A_1 A_2$ vor und rückwärts geschoben werden, da das Ebonitrohr BC in dem kürzeren Messingrohrstutzen E mit geringer Reibung gleitet. Auch ist eine Drehung des Resonators B um die Achse BC ohne Schwierigkeit zu bewirken, was für die weiter unten beschriebenen Versuche über Doppelbrechung von Wichtigkeit ist Während einer Versuchsreihe bedient man sich zur Drehung am besten der Vorrichtung der Messingstange $G_1 G_2$, da eine direkte Berührung der Klemmen D_1 und D_2 wegen der hierdurch entstehenden Thermoströme möglichst vermieden werden mufs. Die übrigen Teile des Apparats sind aus der Figur mit genügender Deutlichkeit ersichtlich.

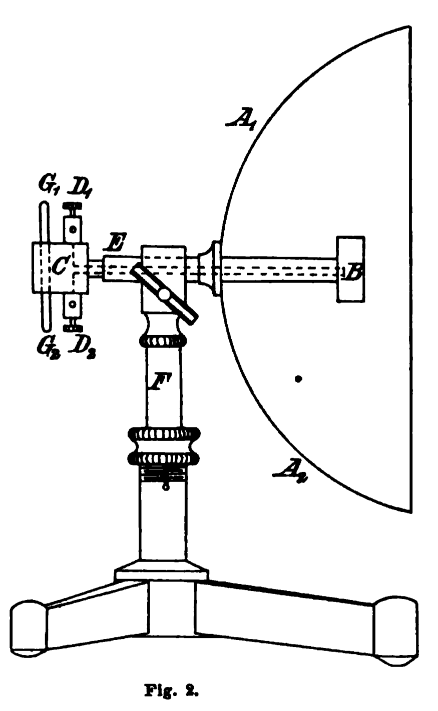


Fig. 2.

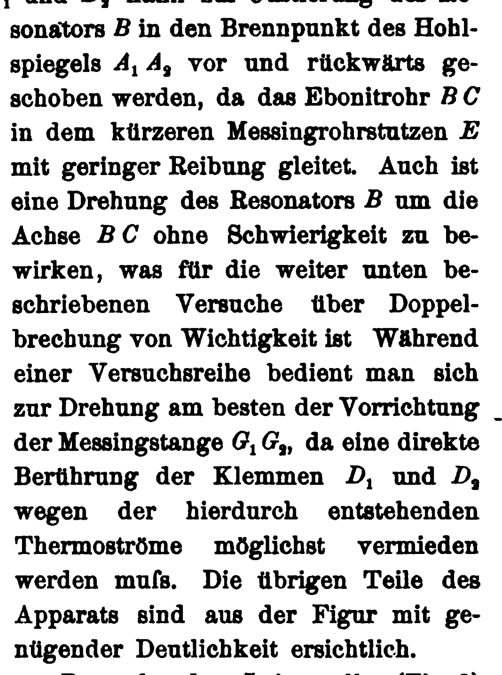


Fig. 3.

Der sekundäre Leiter selbst (Fig. 3) ist genau nach der a. a. O. S. 241 gegebenen Weise hergestellt. Die Länge der Schablonenblechstreifchen beträgt 8 mm, die Breite 2,5 mm, die Dicke der Drähte angenähert 0,02 mm. Das benutzte Vorlesungsgalvanometer, ein kleines, besonders für technische Zwecke von Herrn du Bois und mir construiertes Instrument, erwies sich als vollkommen ausreichend empfindlich. Die Anforderungen, welche man in dieser Beziehung an das Vorlesungsgalvanometer stellen mufs, sind leicht zu befriedigen; bei 2 bis 5 Ohm innerem Widerstand mufs das Instrument einen Strom von $3 . 10^{-8}$ Amp. auf der Skala noch deutlich erkennen lassen. Bei subjektiver Beobachtungsweise genügt selbst eine wesentlich geringere Empfindlichkeit, indessen ist die objektive Methode in diesem Falle stets vorzuziehen, selbst dann, wenn keine Demonstration beabsichtigt wird, da sie dem Beobachtenden freie Bewegung ermöglicht und dadurch das Experimentieren wesentlich erleichtert.

Zur Demonstration der Interferenz elektrischer Wellen ist ein Spiegelversuch besonders geeignet, welcher von Boltzmann vorgeschlagen und von Klemencic und Czermak zuerst ausgeführt worden ist. Mit den von mir angegebenen Apparaten läfst sich derselbe leicht reproduzieren. Die Versuchsanordnung wird dabei am besten folgendermafsen gewählt; sie ist aus Fig. 4 leicht zu ersehen. a bedeutet darin den primären Leiter, b eine mit Petroleum gefüllte kugelförmige Kochflasche von 22 cm Durchmesser, welche die von a ausgehenden Strahlen parallel macht. s und s_1 sind zwei ebene Metallspiegel, von welchen der erste s, der nur die obere Hälfte des Strahlencylinders reflektiert, fest steht, während s_1, an welchem die untere Hälfte des Strahlencylinders reflektiert wird, auf einer Schlittenführung parallel zu sich selbst in der Richtung seiner Normalen mefsbar verschoben werden kann. Die Spiegel bestehen aus ebenen Holzplatten, die mit Stanniol überzogen worden sind. Stehen die beiden Spiegel senkrecht untereinander, d. h. bilden sie eine einzige Ebene, so ist

kein Gangunterschied zwischen den Strahlen der oberen und unteren Spiegelhälfte vorhanden. Verschiebt man dagegen den Spiegel s_1 aus dieser Anfangsstellung um die Strecke d, so ergiebt sich ein Gangunterschied zwischen dem oberen und unteren Strahlenbüschel von $\delta = a + b = 2\,d \cos i$, worin i den Incidenzwinkel der Strahlen bedeutet, wie dies aus Fig. 4a ohne weiteres hervorgeht. Ist δ ein ungerades Vielfaches einer halben Wellenlänge, so tritt Schwächung der Energie, ist dagegen δ ein gerades Vielfaches der halben Wellenlänge, so tritt Verstärkung der Energie ein.

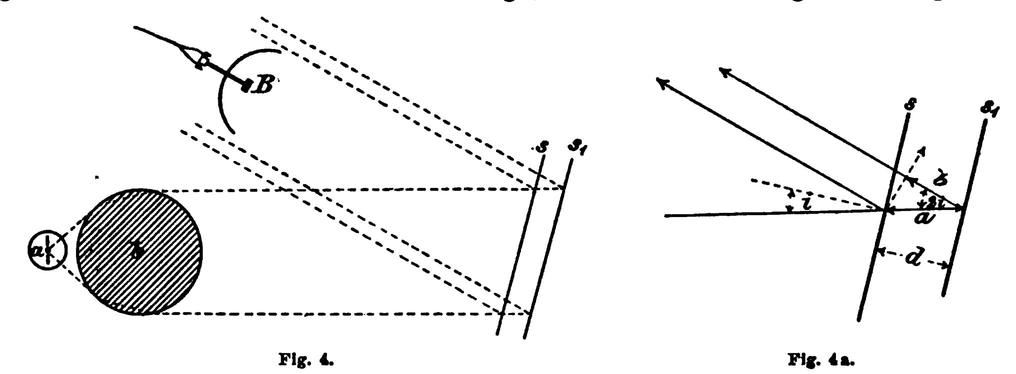


Fig. 4. Fig. 4a.

Die folgende Tabelle giebt eine diesbezügliche Versuchsreihe, welche am 17. VI. 97 in der oben beschriebenen Weise ausgeführt wurde. Die Zahlen der ersten Spalte enthalten die Entfernungen d der beiden Spiegel. Sie sind positiv gerechnet, wenn s_1 dem Resonator B näher, dagegen negativ, wenn s_1 von dem Resonator B entfernter war als s. Die Zahlen der zweiten Spalte geben die Energie J, gemessen durch den Galvanometerausschlag.

d in cm	J in Skalenteilen	d in cm	J in Skalenteilen
− 8	5,6	+ 1	4,5
− 7	3,9	+ 2	0,5
− 6	2,6	+ 3	5,8
− 5	5,6	+ 4	8,2
− 4	7,5	+ 5	3,9
− 3	2,3	+ 6	2,6
− 2	1,0	+ 7	5,5
− 1	8,0	+ 8	5,9
0	12,6		

Noch besser als diese Tabelle läſst eine graphische Darstellung (Fig. 5) die Lage der Maxima und Minima erkennen. Maxima zeigen sich deutlich bei $d = -4{,}2$, $-0{,}1$, $+3{,}9$ cm, Minima bei $d = -6{,}2$, $-2{,}2$, $+1{,}9$, $+5{,}9$ cm. Ferner ist die Gröſse der Dämpfung der elektrischen Schwingung aus der Kurve der Fig. 5 leicht zu ersehen.

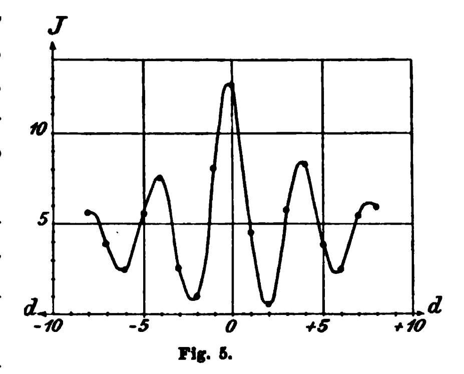


Fig. 5.

Die Versuchsreihe wurde bei einem Incidenzwinkel von 24° aufgenommen. Die Wellenlänge der elektrischen Strahlung berechnet sich hiernach zu $\lambda = 7{,}30$ cm. Ein zweiter Interferenzversuch, welcher die Wellenlänge der elektrischen Strahlung in anderen Körpern leicht zu messen gestattet, läſst sich in folgender Weise

leicht ausführen. Die von dem primären Leiter a (Fig. 6) ausgehenden Strahlen werden wiederum durch die mit Petroleum gefüllte Kochflasche b parallel gemacht und gelangen auf geradem Wege in den Hohlspiegel des sekundären Leiters B. Schaltet man nun in die untere Hälfte des Strahlencylinders eine Anzahl planparalleler Glasplatten ein, so wird wiederum ein Gangunterschied zwischen der unteren und der

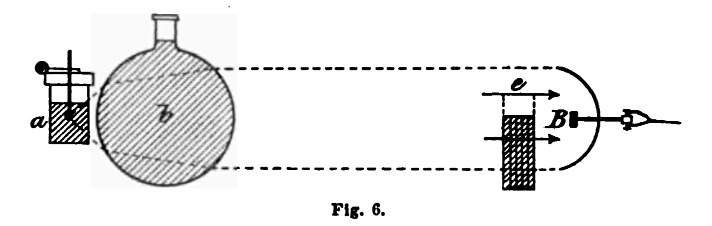


Fig. 6.

oberen Strahlenhälfte eintreten müssen. Ist d die Dicke, z die Anzahl und n der (elektrische) Brechungsindex der Glasplatten, so ergiebt sich der Gangunterschied

$$\delta = d \cdot z\,(n-1) = e\,(n-1),$$

wenn $e = dz$ die Gesamtdicke der Glasschicht bedeutet. Man wird folglich Maxima der Energie zu erwarten haben, wenn $e\,(n-1) = 0$, $= \lambda$, $= 2\,\lambda$ u. s. f. ist, dagegen werden Minima auftreten für $e\,(n-1) = \lambda/2$, $= 3\,\lambda/2$, $= 5\,\lambda/2$ u. s. f. Der Versuch bestätigt die Richtigkeit dieser Überlegung. Als Beispiel gebe ich eine am 18. VI. ausgeführte Versuchsreihe. Die eingeschalteten Glasplatten bestanden aus nahezu planparallelem Spiegelglas und waren von den Dimensionen $18 \times 11 \times 0{,}650$ cm.

Zahl der Platten z	J in Skalenteilen	Zahl der Platten z	J in Skalenteilen
0	8,5	7	5,2
1	4,4	8	3,7
2	2,0	9	2,7
3	0,9	10	1,8
4	1,5	11	2,4
5	4,1	12	3,4
6	5,6		

Eine graphische Darstellung des Inhalts der Tabelle enthält Fig. 7. Für $z = 3{,}3$ und $z = 10{,}0$ zeigt die Kurve scharf ausgeprägte Minima, für $z = 6{,}5$ tritt ein deutlich erkennbares Maximum ein. Hieraus ergeben sich für den elektrischen Brechungsindex des Glases 3 Gleichungen:

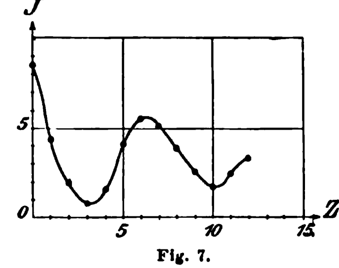


Fig. 7.

1) $3{,}3 \times 0{,}650\,(n-1) = \frac{7{,}30}{2}$; $n = 2{,}70$

2) $10{,}0 \times 0{,}650\,(n-1) = \frac{3 \times 7{,}30}{2}$; $n = 2{,}68$

3) $6{,}5 \times 0{,}650\,(n-1) = 7{,}30$; $n = 2{,}73$

Im Mittel $n = 2{,}70$.

Die Wellenlänge im Glas berechnet sich hiernach zu $\frac{73{,}0}{2{,}70} = 2{,}70$ cm.

Auch zur Untersuchung des elektrischen Brechungsexponenten von Flüssigkeiten ist die hier beschriebene Methode leicht anwendbar. Man verfährt dann am besten in folgender Weise (vgl. Fig. 8). Die von dem primären Leiter a erzeugten und durch die Kochflasche b parallel gemachten Strahlen werden von einem Spiegel c

unter 45° reflektiert und hierdurch aufwärts gerichtet. Im weiteren Verlauf des Strahlenganges ist ein Glastrog d eingeschaltet, welcher in der Mitte durch eine ebene Wand e in zwei gleiche Kammern geteilt ist. Der Empfangsapparat B befindet sich unmittelbar über dem Glastrog. Will man den elektrischen Brechungsexponenten einer Flüssigkeit untersuchen, so füllt man die eine Troghälfte allmählich mit der zu untersuchenden Substanz und beobachtet die Energie in B in ihrer Abhängigkeit von der Höhe der Flüssigkeitssäule. Man wird auf diese Weise zu analogen Versuchsreihen gelangen wie die zuvor beschriebene, welche in Fig. 7 graphisch dargestellt ist. Noch besser gelingt es, die elektrischen Brechungsexponenten zweier Flüssigkeiten direkt mit einander zu vergleichen, indem man die eine in die linke Troghälfte, die andere in die rechte Troghälfte einführt und nun durch Variieren der Höhe die Wirkung der einen Flüssigkeitssäule durch diejenige der anderen compensiert. Diese Versuche gelingen nur mit gut isolierenden Flüssigkeiten.

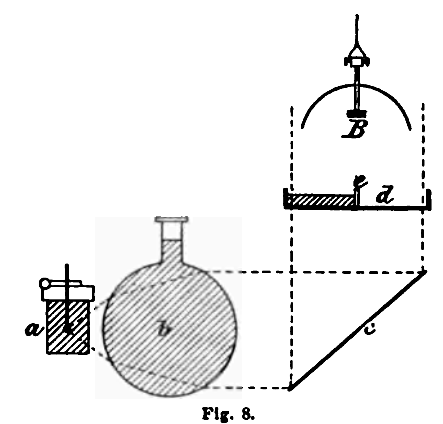


Fig. 8.

Die oben beschriebene, an dem Empfangsapparat neuerdings getroffene Einrichtung, welche gestattet, den sekundären Leiter um die Achse BC (Fig. 2) zu drehen, macht es möglich, einige Versuche über Doppelbrechung anzustellen, welche die Analogie bilden zu der bekannten optischen Erscheinung der Aufhellung des Gesichtsfeldes zwischen gekreuzten Nicols durch doppelbrechende Körper. Stellt man den Empfangsapparat in das parallele Strahlenbündel (wie in Fig. 6) und dreht man den Resonator B um 90°, so erhält man nur noch geringe Ausschläge, welche von Schwingungen herrühren, die in den horizontalen, von dem Thermoelement zu den Klemmen D_1 D_2 (Fig. 2) führenden Drähten induziert werden. Setzt man unmittelbar vor die Öffnung des Hohlspiegels ein aus horizontalen Drähten bestehendes Gitter, so ist auch diese Restwirkung zum Verschwinden gebracht, und es werden nunmehr von dem Empfangsapparat nur solche Wellen aufgenommen, deren Schwingungsrichtung vertikal ist, während der Erreger nur horizontale elektrische Schwingungen aussendet. Bringt man jetzt zwischen Erreger und Empfänger ein vertikales Drahtgitter, dessen Drähte einen Winkel von 45° mit der Horizontalen bilden, so tritt augenblicklich eine Aufhellung des Gesichtsfeldes ein, welche sich durch einen beträchtlichen Galvanometerausschlag zu erkennen giebt. Eine wenn auch geringere, so doch deutlich wahrnehmbare Wirkung erhält man ferner, wenn man statt des Drahtgitters ein starkes Holzbrett verwendet, dessen Faserrichtung um 45° gegen die Horizontale geneigt ist. Noch besser gelingt dieser Versuch, wenn man das Holzbrett durch ein Paket Bücher ersetzt, deren Blätter den elektrischen Strahlen parallel gerichtet sind und einen Winkel von 45° gegen die Vertikale bilden.

Die hier beschriebenen Apparate (Erreger und Empfänger) werden von Herrn Mechaniker Nöhden in Berlin NW, Reichstagsufer 7/8, zu meiner vollen Zufriedenheit hergestellt[1]).

[1]) Herr Nöhden liefert die Erreger für M. 20, den Empfänger nebst Hohlspiegel für M. 50.

Ein einfacher Umschalter.

Von

Prof. **E. Uhlich** in Grimma.

Trotz der grofsen Verbreitung, welche die Dynamomaschinen im praktischen Leben erlangt haben, werden gewifs immer noch viele Schulen für die Erzeugung von Strom auf die alten einfachen Mittel der galvanischen Batterieen angewiesen sein. Die meisten Schulversuche verlangen nun aber nicht allzu starke Ströme, sodafs nach meiner Erfahrung die Constanz der Elemente für den Schulgebrauch wertvoller ist als erhebliche Stromstärke. Eine solche constante Batterie, etwa von Leclanché-, Cupronelementen oder dergl., kann dann eine feste Aufstellung erhalten und verlangt für längere Zeit keine weitere Wartung.

Neben der Batterie benötigt man dann aber eines leicht zu handhabenden Umschalters, der rasch erlaubt, irgend wie viele Elemente in irgend welcher Anordnung zu verkoppeln. Weinholds Demonstrationen empfehlen für diesen Zweck den Pachytrop, II. Aufl. S. 615; derselbe nimmt aber viel Platz in Anspruch und ist, da er sehr exakte Ausführung verlangt, ziemlich kostspielig. Viel einfacher ist ein Umschalter, den Arendt S. 40—41 seiner Technik beschreibt und dessen wesentlichster Teil in einem Doppelsystem über einander hinstreichender, durch Stöpselung zu verbindender Schienen besteht. Ich glaube aber, dafs die dort gegebene Beschreibung teils einer weiteren Vereinfachung, teils einer Verbesserung fähig ist.

Von den zwei senkrecht über einander hinstreichenden Schienensystemen stehen die unteren mit den Polen der galvanischen Elemente dauernd in Verbindung. Nehmen wir etwa an, dafs 5 Elemente (oder feste Gruppen von Elementen) vorhanden sind, so würde der Umschalter 10 untere Schienen 1, 2, 3, ... 9, 10 bekommen müssen. Die senkrecht darüber hinlaufenden oberen Schienen dienen zur Abhebung der Ströme. Wer nur einen Strom haben will, würde mit 2 oberen Schienen ausreichen. Da aber doch ab und zu im Unterricht zwei verschiedene Ströme erwähnt werden müssen (z. B. Linien- und Lokalbatterie), ist es wohl rätlicher, vier obere Schienen *a*, *b*, *c*, *d* anbringen zu lassen. Alsdann kann man von *a* und *b* den einen, von *c* und *d* den anderen Strom abheben.

Fig. 1 giebt eine schematische Darstellung des Ganzen. Die oberen Schienen besitzen an ihren Enden sowohl links als rechts Klemmschrauben *K* und *K*', damit man nach Belieben den Strom nach links oder rechts hin abheben könne. Um nun eine Verbindung zwischen den oberen und unteren Schienen herzustellen, würden nach Arendts Figur in den 40 Kreuzungsstellen Stöpsel eingesteckt werden können. Würden z. B. einerseits die Kreuzungsstellen 1 a, 3 a, 5 a, andererseits 2 b, 4 b, 6 b mit Stöpsel versehen, so entspricht dies einer Nebeneinanderkoppelung von 3 Elementen. — Damit nun dasselbe Schaltbrett auch die Hintereinanderkoppelung ermögliche, habe ich die von den Elementen abgewendeten Enden der unteren Schienen etwas verlängern lassen, sodafs daselbst

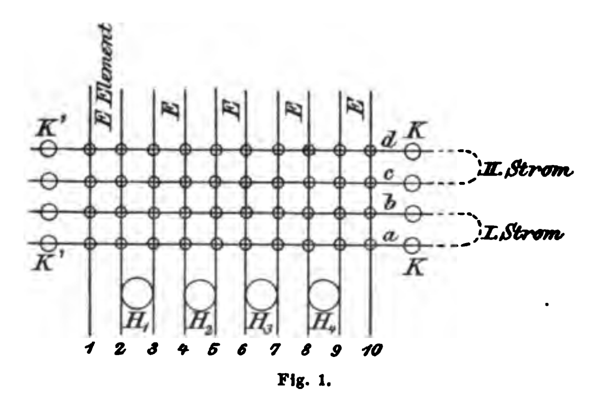


Fig. 1.

zwischen 2 und 3, 4 und 5, 6 und 7, 8 und 9 nach Bedürfnis weitere Verbindungsstöpsel H_1, H_2, H_3, H_4 eingesteckt werden können. Hintereinanderschaltung von 3 Elementen verlangt dann die Stöpselung: 1 a, H_1, H_2, 6 b. Soll dieser Strom umgekehrt werden, so sind nur zwei Stöpsel zu verändern entsprechend dem Schema 1 b, H_1, H_2, 6 a; Stromöffnung wird durch Ausziehung eines einzigen Stöpsels, etwa von 1 a, bewirkt. Ein besonderer Vorteil dieser Anordnung liegt noch darin, dafs man, wenn längere Zeit hindurch Strom gebraucht wird, anfänglich mit Element E_1, dann mit E_2 arbeiten kann u. s. f. und für diesen Wechsel nur wenige kurze Handgriffe nötig hat. Dafs ein so construiertes Schaltbrett gröfste Mannig-

faltigkeit der Schaltung zuläfst, ist ersichtlich. Bedenklich erscheint mir dabei aber, ob die Stöpselung an den Kreuzungsstellen wirklich den Contakt von der oberen nach der unteren Schiene hin sicher gewährt. Ein auf demselben Grundgedanken beruhendes Schaltbrett für Starkströme, das Frick-Lehmann II 112 beschreibt, sichert den Contakt durch ganz besondere Mafsregeln und eigenartige Form der Stöpsel. Noch einfacher erreicht man aber denselben Zweck, wenn man den unteren Schienen eine etwas veränderte Gestalt giebt, sodafs die Metallteile derselben bis in das Niveau der oberen Schienen emporragen.

Ein Durchschnitt parallel der Länge einer der unteren Schienen würde demnach beistehende Fig. 2 ergeben. Hierbei bedeuten O_1, O_2, O_3, O_4 die 4 oberen Schienen mit ihren an den beidseitigen Enden befindlichen Klemmschrauben K und K'; U eine der 10 unteren Schienen; P ist die Klemmschraube, durch welche der eine Pol eines Elements dauernd mit der unteren Schiene verbunden ist. Von den Schaltstöpseln S S sind 10 Stück nötig, um bei Nebeneinanderschaltung die Pole aller 5 Elemente mit den oberen Schienen in Verbindung bringen zu können; H endlich bedeutet einen der 4 Stöpsel für Hintereinanderschaltung. Da dann oben nur 2 Stöpsel, für den +- und —-Pol, nötig sind, kann die Einrichtung so getroffen werden, dafs die oben verfügbar gewordenen Stöpsel hier unten passen.

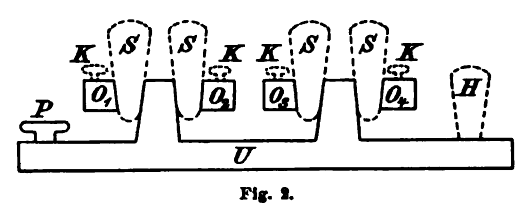
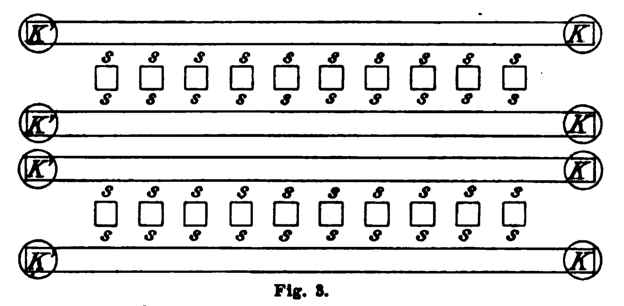


Fig. 2.

Von oben gesehen gewähren die 4 oberen Schienen und die 20 emporstehenden Nasen der unteren Schienen nunmehr den Anblick von Fig. 3. Die 40 hier mit s s bezeichneten Lücken sind die Stellen, in welche je nach Bedarf die 10 keilförmigen Stöpsel eingefügt werden, entsprechend den 40 Kreuzungsstellen der Fig. 1.


Fig. 3.

Damit keinerlei Verbiegung der Schienen oder Nasen eintreten könne, ist nur zu raten, dieselben kräftig genug aus Messing giefsen zu lassen, ja es würde sich wohl sogar empfehlen, die Schienen in irgend eine isolierende Grundmasse, etwa in Holz einfügen zu lassen. Damit das Schaltbrett dem Lehrer leicht zur Hand sei, empfiehlt es sich, dasselbe unter einer abzuhebenden Platte des Experimentiertisches aufzustellen; es in einen Kasten einzusetzen, der über die Ebene des Tisches herausragt, halte ich für unzweckmäfsig.

Apparat zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Flüssigkeiten.

Von
Dr. **Bermbach** in Münstereifel.

Bei dem nachstehend beschriebenen Apparat findet folgendes Prinzip Anwendung: Giefst man in eine zweischenklige Röhre Quecksilber und dann in den einen Schenkel Wasser, so steigt das Quecksilber in dem anderen (kurzen) Schenkel. Ersetzt man nun das Wasser durch eine andere Flüssigkeit, z. B. Alkohol, so mufs man eine höhere Säule Alkohol aufgiefsen, wenn das Quecksilber in dem kurzen Schenkel wieder bis zu derselben Marke steigen soll wie vorher. Ist die Höhe der Wassersäule h, die der Alkoholsäule h', und nennt man die spezifischen Gewichte s resp. s', so ist, da der Druck in beiden Fällen derselbe ist,

$$h \cdot s = h' \cdot s',$$

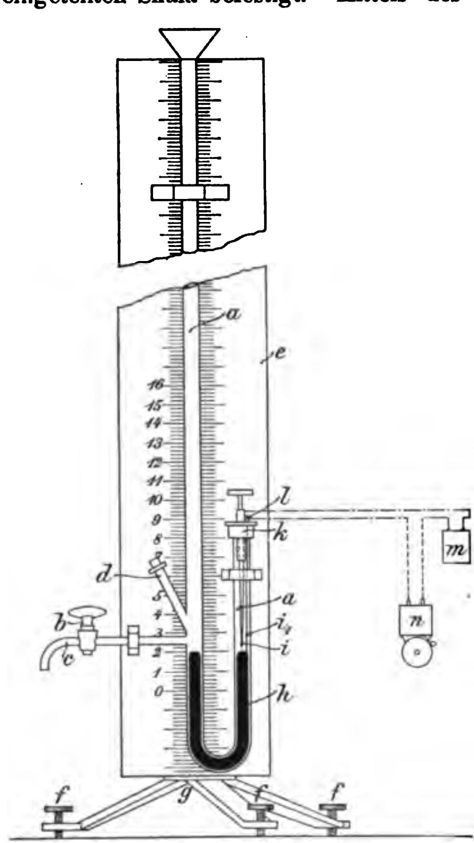
oder, wenn man $s = 1$ setzt,

$$s' = \frac{h}{h'} \cdot$$

Auf diese Weise wird also die zu bestimmende Flüssigkeit direkt mit Wasser verglichen; das spezifische Gewicht des Quecksilbers spielt nur eine ganz untergeordnete Rolle.

Da es nun sehr schwierig ist, die Höhe einer Quecksilbersäule genau abzulesen, und kleine Fehler beim Ablesen die Genauigkeit stark beeinflussen, so wird das Ablesen umgangen. Zu dem Zwecke ist eine elektrische Meldevorrichtung mit dem Apparat verbunden, die so eingerichtet ist, dafs eine elektrische Klingel ertönt, wenn das Quecksilber in dem kurzen Schenkel eine gewisse Höhe erreicht.

Wir können uns jetzt bei der Beschreibung des Apparates kurzfassen: die zweischenklige Röhre *a* von ca. 1 qcm Querschnitt ist über einer in Centimeter und Millimeter eingeteilten Skala befestigt. Mittels des am unteren Ende des Brettes *e* befestigten, mit Stellschrauben *f* versehenen Dreifufses *g* kann die Röhre *a* so eingestellt werden, dafs ihre beiden parallelen Schenkel senkrecht stehen. In die Röhre wird bis zu einer gewissen Marke (Punkt 2 der Skala ist gewählt) Quecksilber gegossen. Durch den Deckel *k* geht eine Spindel *i*, die mit einem ganz feinen Gewinde versehen ist, und ein Draht i_1, der mit der Klemme *l* verbunden ist. Die Spindel *i* und die Klemme *l* sind mit einem Trockenelemente *m* leitend verbunden; *n* ist eine elektrische Klingel, die in den Stromkreis eingeschaltet ist.



Um nun das spezifische Gewicht von Flüssigkeiten zu bestimmen, stellt man den Apparat auf eine horizontale Unterlage und giefst in den längeren Schenkel Wasser von ca. 15° C. bis zur Höhe von 55 cm. Der Gipfel der Quecksilbersäule mufs jetzt bei 0 stehen (genauer $^1/_5$ mm unter Null); sollte dies nicht der Fall sein, so benutze man die Schrauben *f*. Man dreht nun die Schraube *i* abwärts, bis die elektrische Klingel den Stromschlufs meldet, und läfst dann einige Centimeter Wasser abfliefsen. Zur Controle fülle man nunmehr bis zur Höhe von 54 cm nach und lasse dann vorsichtig, ohne den Apparat zu erschüttern, Wasser tropfenweise, indem man eine Pipette oder ein Tropfenglas benutzt oder einen Filter auf den Trichter legt, an der Wand der Röhre herunterfliefsen, bis die Wasserhöhe wiederum 55 cm beträgt. Wenn die Klingel jetzt noch nicht läutet, so dreht man die Schraube wieder soweit abwärts, bis der Strom geschlossen ist. Um das Wasser aus der Röhre zu entfernen, öffnet man den Hahn *b* und führt durch den Stutzen *d* ein Stück zusammengefaltetes Fliefspapier ein; dieses saugt den kleinen Wasserrest auf. Von der zu untersuchenden Flüssigkeit giefst man jetzt soviel in den langen Schenkel, dafs der Strom geschlossen wird, läfst abfliefsen, bis die Klingel zu läuten aufhört, füllt darauf vorsichtig, wie eben beschrieben, nach, bis die Klingel den Stromschlufs meldet, liest die Höhe der Flüssigkeitssäule ab und sucht in einer für diesen Zweck angefertigten Tabelle das zugehörige spezifische Gewicht.

Will man das spezifische Gewicht von Flüssigkeiten, die schwerer als Wasser sind, sehr genau ermitteln, so stelle man die Contaktvorrichtung so ein, dafs der elektrische Strom geschlossen ist, wenn die Wassersäule mit dem Teilstriche $69^1/_2$ abschneidet. Während nämlich bei der Einstellung auf Teilstrich 55 für Schwankungen des spezifischen Gewichtes von 1 bis 1,9 die Höhenschwankungen ca. 26 cm ausmachen, betragen sie bei der Einstellung auf Teilstrich $69^1/_2$ ca. 33 cm. Hierbei ist zu beachten, dafs bei einer Wasserhöhe von $69^1/_2$ cm über 0

das Quecksilber in dem längeren Schenkel 6 mm unter 0 steht, so dafs der Wasserdruck 70,1 cm beträgt und man bei jeder Bestimmung des spezifischen Gewichtes noch 0,6 cm zu der abgelesenen Höhe hinzuzählen mufs. Eine zweite Tabelle erleichtert die Arbeit.

Mit Hülfe des beschriebenen Apparates kann man das spezifische Gewicht bis zur dritten Decimalstelle genau bestimmen. Will man nur die zwei ersten Decimalstellen ermitteln, so braucht man nicht mit der beschriebenen Sorgfalt zu Werke zu gehen.

Die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme kann man, da die Temperaturschwankungen in einem Raume, in dem man arbeitet, nicht bedeutend sind, vernachlässigen, kann sie aber auch durch Regulierung der Contaktvorrichtung eliminieren.

Ganz kurz sei darauf hingewiesen, dafs unser Apparat noch für einige andere Versuche benutzt werden kann:

1. Prüfung des Mariotteschen Gesetzes: Man entfernt den Deckel und verschliefst den kurzen Schenkel mit einem Gummistopfen, durch den ein Glasröhrchen mit Hahn geht.

2. Nachweis des Satzes über communizierende Röhren für Flüssigkeiten von verschiedenem spezifischen Gewichte.

3. Messung der Längen kleinerer elektrischer Funken: Man ersetze den Kork, der den Stutzen d verschliefst, durch einen anderen, durch den ein Draht geht, der in das Quecksilber eintaucht, verbinde diesen Draht und die Spindel mit der Stromquelle, giesse Wasser ein, bis Stromschlufs erfolgt, und lasse dann so lange Wasser langsam abfliefsen, bis der Funken nicht mehr überspringt. Sind h cm Wasser abgeflossen, so ist die Funkenlänge

$$\frac{h}{13{,}596}\ \text{cm}.$$

4. Ausdehnung der Flüssigkeiten durch die Wärme oder Abnahme des spezifischen Gewichtes, wenn die Temperatur wächst.

5. Nachweis, dafs Glas und Wasser schlechte Wärmeleiter sind: Man giefst warmes Wasser in den langen Schenkel und taucht in das Quecksilber des kurzen Schenkels ein Thermometer ein.

Schliefslich sei noch erwähnt, dafs der Apparat ein ausgezeichnetes Alkoholometer ist. Für Alkoholbestimmungen ist daher eine besondere Tabelle angefertigt worden, in der auch die nötigen Zahlen angegeben sind, um aus dem beobachteten Alkoholgehalte den wahren (bei 15° C.) zu berechnen.

Eine Zusammenstellung der spezifischen Gewichte der wichtigsten Flüssigkeiten durfte natürlich nicht fehlen.

Bei Säuren, Salzlösungen etc. ist der Prozentgehalt berücksichtigt, meist mit einem Sprunge von 5 %.

Die bekannte Firma E. Leybolds Nachfolger in Köln liefert den Apparat in exaktester Ausführung nebst einer Gebrauchsanweisung und vier Tabellen.

Kleine Mitteilungen.

Ein neues Elektroskop (Gabel-Elektroskop).

Von Prof. **Fr. Busch** in Arnsberg.

Auf einem Hartgummifufse steht eine senkrechte Drahtgabel, deren Arme einen Abstand von etwa 1 cm haben (s. Fig.). Oben sind die Drahtenden schraubenförmig umeinander gewunden oder aneinander gelötet und tragen dort eine Messingplatte (m). In der Mitte der Gabel ruht auf horizontaler Achse (einer feinen Stahlnadel) ein sehr leichtes Papierröhrchen, der Zeiger. Dieses Röhrchen ist so an der Achse befestigt, dafs es in der Gleichgewichtslage senkrecht, also parallel den Drähten herabhängt, doch so, dafs das Übergewicht der einen Seite ein aufserordentlich geringes ist. Um das Instrument möglichst stabil zu machen, sind die unteren Teile der Drähte bis nahe zur Achse des Zeigers in Glasröhrchen eingelassen.

Die Herstellung und den Verkauf des Elektroskopes habe ich der bewährten Firma Müller und Meiswinkel in Essen an der Ruhr übertragen. Dasselbe wird vorläufig in folgenden Dimensionen in den Handel gebracht: Abstand der beiden Drähte 15 mm, ihre Länge 210 mm, Durchmesser des Tellers 5 cm, ganze Höhe des Instrumentes 280 mm. Natürlich kann es auch in jeder anderen Dimension ausgeführt werden.

Dieses zur Unterscheidung von anderen Elektroskopen als Gabel-Elektroskop bezeichnete Instrument hat für den Schulgebrauch so grofse Vorzüge, dafs ich mich schon seit zwei Jahren beim Unterrichte keines anderen mehr bediene. Folgendes mag hier besonders hervorgehoben werden:

1. Die Ausschläge des langen Zeigers sind aus grofser Entfernung deutlich sichtbar, so dafs selbst die auf den entferntesten Plätzen eines grofsen Klassenzimmers sitzenden Schüler sie gut beobachten können.

2. Man kann elektrische Körper auch unmittelbar auf den Zeiger des geladenen Elektroskops einwirken lassen.

3. Die Wirkungen des Gabel-Elektroskops sind von der Witterung auffallend unabhängig, so dafs man es auch bei hohen Graden der Luftfeuchtigkeit gebrauchen kann. (Sollte der Hartgummifufs im Laufe der Zeit an isolierender Kraft verlieren, so stelle man das Instrument auf Siegellack.)

4. Die Gesetze der elektrischen Verteilung lassen sich mit Hülfe zweier Gabel-Elektroskope, eines langen Metalldrahtes und eines Stückchen Gummipapiers, selbst bei feuchter Luft elegant und sicher ableiten.

5. Die Entladung des geladenen Elektroskops durch Röntgen-Strahlen, die senkrecht den Teller treffen, gestaltet sich sehr überraschend und versagt auch in überfüllten Räumen nicht.

6. Das Instrument ist sowohl bei schwachen als sehr hohen Graden der Elektrizität brauchbar, ohne dafs jemals eine Beschädigung zu befürchten wäre.

7. Das Instrument kann in etwas einfacherer Gestalt auch leicht vom experimentierenden Schüler hergestellt werden.

In betreff der Verwendbarkeit im einzelnen gestatte ich mir, auf meine kleine Schrift: 100 einfache Versuche zur Ableitung elektrischer Grundgesetze, 2. Aufl., bei Aschendorff, Münster i. W. hinzuweisen (vgl. d. Zeitschr. *IX 304*).

Das Gabelelektroskop in der vorstehend beschriebenen Form und Gröfse soll, wie ich hier ausdrücklich bemerken möchte, zunächst nur dem Unterrichte in der statischen Elektrizität dienen. Auf die Verwendbarkeit des Instruments zum Nachweise der galvanischen Elektrizität werde ich später zurückkommen.

Für die Praxis.

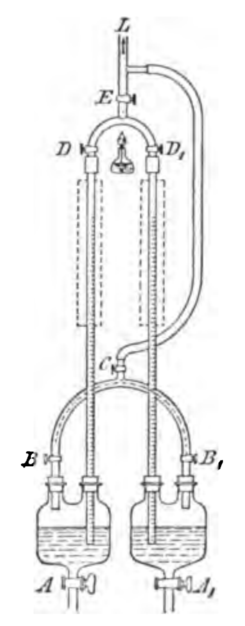
Diffusionsversuch für zwei Flüssigkeiten. Von **L. Bosse** in Dahme (Mark). Bekanntlich soll die eine Flüssigkeit farblos, die andere gefärbt sein, die eine spezifisch schwerer als die andere. Beide Bedingungen erfüllen Glycerin und Kupfervitriollösung. Man giefst in ein Reagenzgläschen, bis zur Hälfte etwa, Glycerin und darüber langsam conzentrierte Kupfervitriollösung. Beide Flüssigkeiten bilden eine genügend scharfe Grenzscheide. Schon nach Verlauf einer Stunde zeigt das Glycerin eine bläuliche Färbung, am nächsten Tage bereits sehen beide Flüssigkeiten ganz gleichartig aus.

Giefst man, wie üblich, Wasser auf Kupfervitriollösung, so diffundiert die Lösung so langsam, dafs der Versuch Wochen dauert. Die von Weinhold (Demonstr. 1881 S. 135) angegebene Anordnung ist umständlich. Bei Verwendung einer Scheidewand dürfte die Haarröhrchenanziehung eine wesentliche Rolle spielen. Dagegen ist der oben beschriebene Versuch einfach, sicher und überzeugend.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Einen einfachen Apparat zur Messung des Dampfdrucks von Flüssigkeiten beschreibt LORD KELVIN in der *Nature* vom *21. Jan. 1897, S. 273.* Der Apparat besteht aus zwei Wulffschen Flaschen, von denen zwei Öffnungen durch ein gebogenes, mit zwei Hähnen (BB_1) versehenes Metallrohr verbunden sind; von dessen Mitte führt ein mit dem Hahn C versehenes vertikales Ansatzstück zu einer Luftpumpe L. In die beiden andern Öffnungen der Flaschen sind luftdicht zwei längere vertikale Rohre eingefügt; an ihrem oberen Ende sind diese auch durch ein gebogenes Metallrohr mit einander verbunden, von dem ein vertikaler Zweig ebenfalls zur Luftpumpe führt; hier befinden sich die Hähne DD_1 und E. Endlich hat jede Flasche noch eine dritte Öffnung im Boden, die durch je einen Glashahn (AA_1) abgeschlossen werden kann. Durch die letzte Öffnung läfst man die Flüssigkeiten, deren Dampfdrucke mit einander verglichen werden sollen, in die Flaschen bis zu einer gewissen Höhe eintreten, was durch einige Kolbenzüge der Luftpumpe, bei Öffnung sämtlicher Hähne, leicht erreicht wird. Die Hähne AA_1 bleiben dann dauernd geschlossen.



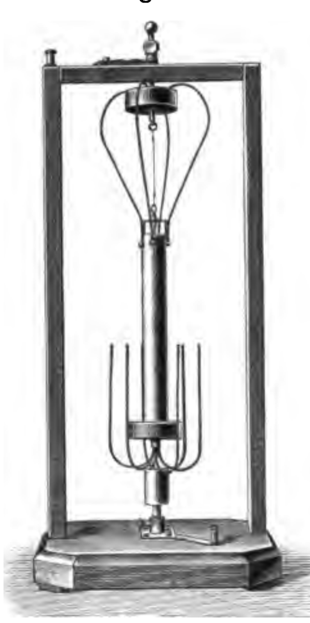
Das Arbeiten mit dem Apparat gestaltet sich in folgender Weise. 1. Man schliefse Hahn C, öffne die andern fünf Hähne und arbeite an der Luftpumpe, bis die Flüssigkeit in einer der Glasröhren etwa 1 cm unter der Ansatzstelle des oberen gebogenen Rohres sich befindet. 2. Man öffne Hahn C, wobei die Flüssigkeit herabsinkt, schliefse ihn wieder und evakuiere von neuem, bis die Flüssigkeit so hoch steht wie vorher. 3. Man wiederhole Operation 2, bis die Flüssigkeit, so lange man auch pumpen mag, sich nicht wieder bis zu der vorigen Höhe erhebt. 4. Man bringe die Flüssigkeit in dem Rohre, in welchem sie höher steht, bis zu einem besonders markierten Punkte, der im allgemeinen einige Centimeter unter der Stellung in 1 sich befinden wird. Da die Verdunstung der beiden Flüssigkeiten eine verschieden starke, so werden die Temperaturen ihrer Oberflächen ebenfalls verschieden sein. 5. Man schliefse D, D_1, E und C, öffne BB_1 und überlasse den Apparat sich selbst, bis die Temperaturen gleich geworden sind. Dann ergiebt die Differenz der Höhen der Flüssigkeiten unmittelbar den Unterschied der Dampfdrucke bei der betreffenden Temperatur. 6. Man öffne E, evakuiere, öffne dann B für 1 bis 2 Minuten und schliefse ihn wieder; thue dann dasselbe für B_1 und erwarte die Gleichheit der Temperaturen. Wenn Luft oder eine andere flüchtige Substanz sich mit dem Dampf zugleich entwickelt hat, wird ihr Niveau jetzt höher sein als bei 5. Die Operation 6 mufs mehrmals wiederholt werden, um möglichst alle Verunreinigungen der Flüssigkeiten zu beseitigen. 7. Bringt man durch Erwärmung des oberen gebogenen Metallrohrs oder durch Füllung von (den oberen Teil der senkrechten Rohre umgebenden, in der Figur punktierten) Glasgefäfsen mit warmem, bzw. kaltem Wasser die Flüssigkeitsoberflächen auf andere Temperaturen, so giebt der jetzige Unterschied der Höhen den Unterschied der Dampfdrucke bei dieser andern Temperatur. 8. Zur annähernden Bestimmung der hydrostatischen Korrektion für die spezifischen Gewichte der Flüssigkeiten öffne man D und lasse etwas Luft aus der Luftpumpe zurückgehen, indem man zugleich sehr vorsichtig E etwas öffnet und wieder schliefst, bevor die untere der beiden Flüssigkeiten das untere Ende des Glasrohrs erreicht. Dann lasse man durch vorsichtiges Öffnen und Schliefsen von C etwas Luft in die Flaschen, bis die mittlere Höhe der Flüssigkeiten wie in 5 und 6 ist. Jetzt verhindert die Luft in dem oberen gebogenen Rohr die Verdampfung und das Eintreten der Temperaturdifferenz; die Flüssigkeitssäulen aber befinden sich in vollständigem hydrostatischen Gleichgewicht.

Da durch Regnaults Versuche der Dampfdruck von Wasser für die verschiedensten Temperaturen bekannt ist, so kann man mit dieser Methode andere Flüssigkeiten mit Wasser

vergleichen. — Man kann den Apparat mit geschlossenen Hähnen stehen lassen und die Versuche täglich wiederholen. Immer aber, bevor man die Beobachtungen beginnt, mufs Operation 6 ausgeführt werden, um Verunreinigungen zu entfernen. *Schk.*

Ein elektromagnetischer Rotationsapparat. Von Walter König. In dieser Zeitschrift (*VIII*, *361*, *1895*) ist von Herrn L. Fleischmann ein Prinzip angegeben worden, auf Grund dessen es möglich ist, fortdauernde Drehungen von Magnetpolen um einen stromdurchflossenen Leiter hervorzubringen. Die Wirkung des Stromleiters auf den einen Pol des Magneten wird dadurch aufgehoben, dafs als Stromleiter eine Röhre genommen und der eine Pol des U-förmig gebogenen Magneten in diese Röhre hineingeführt wird. Nach diesem Prinzip hat Prof. W. König einen Apparat construiert und auf der Lübecker Naturforscherversammlung vorgezeigt (vgl. d. Zeitschr. *IX*, *49*, *1896*). Die ausführliche Beschreibung ist in *Wied. Ann. 60*, *519* (*1897*) veröffentlicht.

Ein Fufsbrett trägt einen hölzernen Galgen von 50 cm Höhe und 20 cm Weite. Durch die Mitte des Querbalkens geht ein Messingstift von 10 cm Länge, der an seinem unteren Ende einen Haken und unmittelbar darüber einen hölzernen Napf zur Aufnahme von Quecksilber trägt. An dem Haken hängt an einem 10 cm langen Seidenfaden ein Aluminiumrohr von 20 cm Länge. Von seinen oberen Enden gehen vier aus Messingdraht gebogene federnde Bügel nach oben und tauchen mit ihren Spitzen in das Quecksilber des Holznapfes. Als Aufhängevorrichtung trägt dieses Rohr an seinem oberen Ende einen kurzen Messingbügel. An dessen unterer Seite ist ein zweiter Aufhängehaken befestigt und an diesem ist innerhalb des drehbaren Rohres ein zweites drehbares System, das der Magnete, an einem Seidenfaden aufgehängt. Zur Verstärkung der Wirkung sind sechs gleiche Magnete an der Drehungsachse dieses zweiten Systems in gleicher Weise befestigt. Sie bestehen aus 30 cm langen, dünnen, runden Stahlstäben, die auf 5 cm Abstand ihrer Schenkel U-förmig zusammengebogen sind. Diese Stäbe sind möglichst kräftig magnetisiert. Alle Schenkel der einen Art sind darauf mit einem dicken Kupferdraht als Achse zu einem Bündel zusammengebunden, das an einer Öse des Kupferdrahtes im Innern des Aluminiumrohres aufgehängt ist. Der Kupferdraht geht durch das Bündel nach unten hindurch und taucht in den auf dem Fufsbrett befindlichen eisernen Quecksilbernapf. Auf das Magnetbündel ist aufserdem ein runder hölzerner Napf aufgeschoben und in solcher Lage festgekittet, dafs, wenn das Bündel richtig in der Röhre hängt, der untere Rand des Aluminiumrohres in das Quecksilber dieses Napfes eintaucht. Da aber durch das Aluminium das Quecksilber schnell verunreinigt wird, empfiehlt es sich, das Rohr etwas über dem Quecksilber endigen zu lassen und einen Ring aus dünnem Stahl- oder Eisenblech zur leitenden Verbindung mit dem Quecksilber in das Rohr einzuschieben. Leitet man den Strom (10—20 Amp.) der oben an dem Querbalken befindlichen Klemme zu, so tritt er durch den Messingstift in den oberen Quecksilbernapf, aus diesem durch die Drahtbügel in das Aluminiumrohr, an dessen unterem Ende durch den mittleren Quecksilbernapf in das Magnetbündel und durch dessen kupferne Achse in den unteren Quecksilbernapf, aus dem er abgeleitet wird. Bei dieser Art des Stromlaufes sind die im Innern des Rohres befindlichen Magnetpole der Einwirkung des Stromes entzogen, die aufserhalb des Rohres befindlichen unterliegen ihr. Hält man daher die Röhre fest, so rotiert das Magnetsystem. Aber auch die Röhre ist drehbar. Hält man daher das Magnetsystem fest, so rotiert die Röhre in entgegengesetztem Sinne. Läfst man beide gleichzeitig frei, so rotieren sie gleichzeitig in entgegengesetzten Richtungen. Verbindet man dagegen beide Systeme fest mit einander, etwa durch einen federnden Drahtbügel, den man so auf

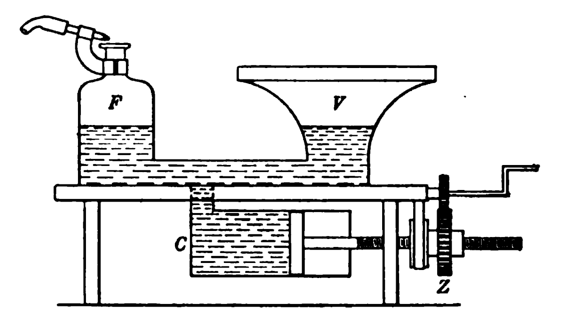


den mittleren Quecksilbernapf legt, dafs er das Aluminiumrohr festklemmt, so tritt keine Rotation mehr ein, womit sich zugleich die Gleichheit der beiden entgegengesetzten Drehungsmomente beweisen läfst.

Um von einem Felde der hier benutzten Art ein Kraftlinienbild herzustellen, wurden zwei längere, 1,5 cm weite Messingrohre benutzt, die mit ihren Enden gut passend übereinander geschoben werden konnten. Das eine wurde in einem Stativ vertikal festgeklemmt. An seinem oberen Ende trug ein äufserer Kork eine weifse Kartontafel mit kreisförmigem Loch, durch das das Rohrende gerade hindurchging; in gleicher Höhe lag im Innern des Rohres auf einem Kork eine runde Kartonscheibe. Nachdem beide mit Eisenpulver bestreut waren, wurde das zweite Rohr aufgeschoben und ein Strom von 55 Amp. durch das Ganze geschickt. Nach leisem Klopfen und nach Entfernung des oberen Rohres erhielt man ein (in Wied. Ann. wiedergegebenes) Kraftlinienbild, die bekannten conzentrischen Kreise im Aufsenfelde, während im Innern des Rohres das Eisenpulver keine Gruppierung erkennen liefs. Nun wurden in den äufseren Kork drei magnetisierte Stricknadeln mit gleichen Polen nach oben vertikal hineingesteckt, ebenso in den inneren Kork eine mit entgegengesetztem Pol nach oben, sodafs die Enden der Nadeln die Kartonflächen von unten berührten. Wiederholte man nun den Versuch mit dem Strom, so erhielt man ein anderes Kraftlinienbild, das die auf die Pole und das Rohr ausgeübten Wirkungen direkt erkennen liefs.

Der Apparat ist vom Mechaniker des physikalischen Vereins in Frankfurt a. M., Herrn G. Schaub, gebaut worden und kann für 25 Mk. von ihm bezogen werden.

Apparat zur stetigen und gleichmäfsigen Veränderung der Tonhöhe. Der von L. W. Stern in den *Verhandlungen der physik. Gesellschaft zu Berlin XVI 42, 1897* beschriebene Apparat gestattet, einen Ton während des Tönens innerhalb weiter Grenzen stetig mit beliebiger Langsamkeit zu verändern und die erreichte Tonhöhe in jedem Augenblick abzulesen. Er besteht aus der Flasche *F*, dem Veränderer (Variator) *V* und einem Glascylinder *C*; alle drei Gefäfse sind durch ein *T*-Rohr mit einander verbunden und teilweise mit Quecksilber gefüllt. L. W. Stern hat festgestellt, (*Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane XI 7*), dafs die Schwingungszahl der Luft in der Flasche *F*, die mittels eines fest damit verbundenen Glasröhrchens, dessen eine Öffnung zu einem schmalen Spalte plattgedrückt ist, angeblasen wird, der Quadratwurzel aus der schwingenden Luftsäule umgekehrt proportional ist. Soll daher die Tonhöhe mit gleichmäfsiger Geschwindigkeit durch Änderung des Quecksilberspiegels verändert werden, so mufs stets die Summe der Querschnitte von *F* und *V* zur dritten Potenz der Schwingungszahl in einem festen Verhältnis stehen, und dementsprechend die Wand des Veränderers *V* gestaltet sein. Der Quecksilberspiegel in *F* und *V* wird mittels eines in dem Cylinder *C* verschiebbaren Kolbens, der mit einer Spindel fest verbunden ist, durch eine einfache Schrauben- und Zahnradvorrichtung gehoben oder gesenkt. In das an der Schraube befindliche Zahnrad *Z* greifen zwei andere Zahnräder, ein grofses und ein kleines ein (in der Zeichnung ist nur eins dargestellt), die durch Kurbeln gedreht werden können. Benutzt man die Kurbel des grofsen Rades, so wird der Kolben schnell, dreht man die Kurbel des kleinen Rades, so wird er langsam verschoben, und je nach der Drehungsrichtung das Quecksilber gehoben oder gesenkt, und der Ton erhöht oder erniedrigt. Auf der Spindel und dem Zahnrad ist eine Teilung angebracht, aus der man mittels einer Tabelle sofort die zugehörige Tonhöhe bestimmen kann. Der Apparat wird von Hrn. Mechaniker W. Oehmke, Berlin NW., Dorotheenstrafse 35 angefertigt.



H. H-M.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Untersuchungen bei tiefen Temperaturen. Einen Vergleich des Wasserstoffthermometers mit andern Thermometern bei tiefen Temperaturen haben Holborn und Wien angestellt (*Wied. Ann. 59, 213; 1896*). Als Temperaturbad diente mit Hülfe des Lindeschen Apparats (*s. d. Ztschr. IX, 243*)[1]) gewonnene flüssige Luft, ferner schmelzender Äthyläther und ein Gemisch von Alkohol und fester Kohlensäure. Zunächst wurde das Wasserstoffthermometer mit einem Widerstandsthermometer aus reinem Platin verglichen, was in der Weise geschah, dafs der Platinwiderstand direkt in das Innere des Thermometergefäfses eingeführt und die Zuleitungen in die Glaswände eingeschmolzen wurden. Holborn und Wien fanden z. B. den Widerstand des Platins bei — 190°,2 zu 13,28 Ohm, bei — 78°,5 zu 34,16 Ohm; bis auf 1° Genauigkeit liefs sich die Temperatur als Funktion des Widerstandes durch die Formel $t = -258{,}3 + 5{,}0567\,w + 0{,}005855\,w^2$ darstellen. Liefse sich diese Formel auch für Temperaturen unter — 190° anwenden, so würde sich bei — 258°,3 ein Widerstand Null ergeben. — Auch das Thermoelement Constantan Eisen erwies sich als sehr geeignet zur Messung tiefer Temperaturen; die Lötstelle wurde direkt in die kalte Flüssigkeit eingeführt. Mit Hülfe dieses Thermoelements fanden Verf. den Siedepunkt des Sauerstoffs (bei 760 mm Druck) zu — 183°,2; ferner die Schmelzpunkte verschiedener Flüssigkeiten: Ammoniak — 78°,8, Schwefelkohlenstoff — 112°,8, Äther — 117°,6, Bromäthyl — 129°,5. Andere Substanzen, wie besonders die Alkohole, bildeten bei tiefen Temperaturen eine gallertartige Masse, die erst allmählich hart wurde.

Eine zur Füllung von Thermometern für tiefe Temperaturen sehr geeignete Flüssigkeit ist nach F. Kohlrausch (*Wied. Ann. 60, 463; 1897*) der Petroläther, ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen. Derselbe bleibt auch bei sehr tiefen Temperaturen noch flüssig, erst bei der Temperatur der siedenden Luft wird er zähe. Die Versuche mit dem Petroläther wurden in verschiedenen Kältebädern (wie oben) angestellt, ihre Temperatur auch mit dem Constantan-Eisen-Element (bezogen auf das Wasserstoffthermometer) bestimmt. Die mit Petroläther gefüllten Thermometer tauchten bis an den Einstellungspunkt in das Bad, in flüssiger Luft sogar ganz unter. Der benutzte Petroläther hatte 33° Siedepunkt und bei 17° C. ein spezifisches Gewicht von 0,6515. Sehr grofs ist seine Contraktion: bei — 188° beträgt das Volumen nur $^4/_5$ von dem bei 0° und $^3/_4$ von dem bei + 30°. Falls die Zusammenziehung sich bis zum absoluten Nullpunkte in ähnlichem Betrage fortsetzt, würde das Volumen daselbst nur $^2/_3$ von dem bei gewöhnlicher Temperatur betragen.

Das Verhalten von Natrium in Salzsäure bei tiefen Temperaturen machten Dorn und Wöllmer zum Gegenstande einer Untersuchung (*Wied. Ann. 60, 468; 1897*). Bereits 1895 hatte Raoul Pictet gefunden, dafs bei — 80° Natrium ruhig in Salzsäure liegen bleibt, während bei gewöhnlicher Temperatur eine heftige explosionsartige Reaktion eintritt. Dorn und Wöllmer fanden nun, dafs die Wirkung der Salzsäure auf das Natrium bei — 80° nicht vollständig aufgehoben, sondern nur sehr verlangsamt ist. War nämlich Natrium längere Zeit mit Salzsäure bei tiefen Temperaturen in Berührung gewesen, so liefsen sich geringe Mengen von $NaCl$ in der Flüssigkeit nachweisen. Nach 10 bis 30 Minuten trat ferner bei diesen Versuchen doch leicht eine Explosion ein. Die elektromotorische Kraft des $Na\,(HCl)\,Pt$-Elements war bei — 80° noch recht erheblich, nämlich 3,018 Volt. Das elektrische Leitungsvermögen der Salzsäure sank zwischen + 18° und — 80° auf etwa $^1/_{25}$, das einer Lösung von Chlorlithium in Methylalkohol dagegen nur auf $^1/_{8,2}$ herab. Eine Bestimmung der innern Reibung beider Flüssigkeiten ergab, dafs in demselben Intervall der Reibungscoëfficient bei Salzsäure um den 55 fachen, bei Chlorlithiumlösung um den 8,9 fachen Betrag steigt. Die Steigerung des elektrischen Widerstandes scheint hiernach eine Folge der Erschwerung der Bewegung der Ionen zu sein. *Schk.*

[1]) In der a. a. O. gegebenen Beschreibung des Lindeschen Verfahrens ist zu berichtigen, dafs das abgekühlte Gas mit der Temperatur t_3, während es das äufsere Rohr des Gegenstromapparates durchläuft, auf das im inneren Rohr neu zuströmende Gas abkühlend wirkt und dafs auf diese Weise eine fortgesetzte Verminderung der Temperatur hervorgebracht wird, während bei der Rückkehr in den Compressor das Gas stets wieder die Anfangstemperatur annimmt.

Über die Verzögerung bei der Funkenentladung (*s. d. Ztschr. IX 246*) machte E. Warburg in der Sitzung der Preufs. Akademie vom 18. Febr. d. J. einige weitere Mitteilungen (*Akad. Ber. 1897, S, 128*). Er benutzte den bereits früher beschriebenen Apparat, brachte aber zwischen die Condensatorsplatten eine 3,7 *mm* dicke Ebonitplatte. Es zeigte sich, dafs die Verzögerung der Entladung von der Feuchtigkeit der Luft abhängt: ein gegen die Elektroden geblasener feuchter Luftstrom ergab eine Verspätung der Entladung von 20 Sek., ein trockener eine solche von 2½ Min. Erwärmung der Platten beseitigte jedoch diese Wirkung der Feuchtigkeit. Um die Frage zu entscheiden, was während der Verzögerungsperiode eigentlich vorgeht, liefs Warburg den Strom eines Hochspannungsakkumulators zwischen zwei Elektroden in einem auf 0,02 bis 0,08 *mm* Quecksilberdruck evacuierten Rohre übergehen und brachte dieses in ein magnetisches Feld. Standen die Kraftlinien senkrecht zur Verbindungslinie der Elektroden, so stieg bei Erregung des Magnetfeldes durch Ablenkung der Strombahn die Potentialdifferenz der Elektroden von 2100 auf 10 000 *Volt*. Es wurde dann auf der einen Elektrode das negative Potential langsam erhöht. Bei nicht erregtem Elektromagneten trat bei Erhöhung des Potentials von 1 auf 3960 *Volt* Funkenentladung ein teils mit, teils ohne Verspätung; über 4800 *Volt* konnte das Potential überhaupt nicht ohne Funkenentladung erhöht werden. Sobald aber das Magnetfeld erregt wurde, war eine Erhöhung des Potentials bis auf 10 800 *Volt* möglich. Die Gröfse der dabei eintretenden Verspätung verhielt sich umgekehrt wie das angelegte Potential. Bei Öffnung des Stromes des Elektromagneten während der Verspätungsperiode trat die Entladung sofort ein. Spannungsverluste oder Lichterscheinungen waren während der Verspätungsperiode nicht wahrnehmbar, die Entladung erfolgte vielmehr durchaus plötzlich mit glänzendem Funken, der durch das Magnetfeld nicht geschwächt wurde. Warburg ist der Meinung, dafs ein sehr schwacher elektrischer Strom während der Verzögerungsperiode besteht, der der Funkenentladung vorangeht und sie einleitet.

Die eben beschriebenen Versuche waren im Dunkeln angestellt worden. Bei Bestrahlung der Kathode mit Bogenlicht zeigte sich ebenfalls der hemmende Einflufs des Magnetfeldes auf die Entladung. Hierbei geht aber thatsächlich von der Kathode ein photoelektrischer Strom aus, der nach Elster und Geitel (*Wied. Ann. 41, 166; 46, 283*) durch eine senkrecht zur Stromrichtung wirkende magnetische Kraft gehemmt werden kann. Es ist daher wahrscheinlich, dafs bei den Versuchen im Dunkeln ebenfalls ein, wenn auch schwacher Strom besteht. Zuletzt kommt Warburg zu folgendem Schlufs: „Bei der Funkenentladung durch die Luft verwandelt sich die Luft aus einem sehr guten Isolator in einen verhältnismäfsig guten Leiter, und zwar bildet sich zunächst unter der Einwirkung der elektrischen Kräfte ein sehr schwacher lichtloser elektrischer Strom von wachsender Stärke, der schliefslich nach Ablauf der Verzögerungsperiode in die eigentliche leuchtende Funkenentladung übergeht. Die Verzögerungsperiode kann je nach dem Zustande der Elektroden, je nachdem sie feucht oder trocken, bestrahlt sind oder nicht, kürzere oder längere Zeit in Anspruch nehmen.“ *Schk.*

Über die Wirkung von Erschütterung und Erwärmung auf den Magnetismus. Von C. Fromme (*Wied. Ann. 61, 55; 1897*). Alle Erschütterungen und Erwärmungen wurden in einem magnetischen Felde von der Intensität Null vorgenommen; die Erschütterungen geschahen in der Weise, dafs ein Stab oder Draht in horizontaler Lage aus geringer Höhe auf eine weiche Unterlage fiel oder auch geworfen und geklopft wurde. Biegung wurde mit den Händen, Torsion in einem Torsionsapparat, Erwärmung in einer Bunsenflamme vorgenommen. Der Zustand, in den ein Körper durch eine dieser Einwirkungen gebracht wurde, wurde dadurch bestimmt, dafs man eine kleine magnetisierende Kraft wirken liefs und das von ihr induzierte magnetische Moment mafs. Erschütterungen eines permanent magnetisierten Körpers brachten einen Verlust an magnetischem Moment hervor; eine kleine magnetisierende Kraft bewirkte dann wieder eine Zunahme, die sich messen liefs. Wenn die Verluste sehr grofs wurden, so erreichte die folgende Zunahme ein Maximum. Es ergab sich, dafs jede verschiedene mechanische oder thermische Erschütterung einen charakteristischen Zustand des Körpers hervorbringt. War der Stab durch einen conträren Strom gänzlich unmagnetisch ge-

macht, so wirkten Erschütterung oder Erwärmung wie eine in der früheren Richtung magnetisierende Kraft, derart, dafs sie einer solchen einen Teil der zu leistenden Magnetisierungsarbeit abnahmen. Die Wirkung der Erschütterung besteht daher in einer gewissen Gruppierung der Molekularmagnete. Bei einem permanent magnetischen Körper tritt daneben noch eine Rückdrehung der Molekularmagnete, d. h. Abnahme des Momentes ein. Äufserlich machen sich die Erschütterungen bemerkbar durch Abnahme der Susceptibilität bei kleinen magnetisierenden Kräften. Alternierende Ströme wirken ähnlich den Erschütterungen. *Schk.*

Metallcarbide. Die Metallcarbide und ihre praktische Verwendung finden eine eingehende Behandlung durch Felix B. Ahrens in Heft 1 einer neuen litterarischen Erscheinung „Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge“. (Stuttgart, Ferd. Enke, 1896.) Das erste Metallcarbid wurde bereits 1808 von Davy bei der Untersuchung der Identität von Graphit, Diamant und amorphem Kohlenstoff gefunden; es war aus der Einwirkung des elektrischen Stromes auf Kalium und Kohle resultierendes Kaliumcarbid, von dem auch bereits das heftige Aufbrausen im Wasser beobachtet wurde. Wahrscheinlich hat Davy auch schon Calciumcarbid in Händen gehabt. Letzteres wurde bekanntlich von Wöhler 1862 entdeckt (Ann. der Ch. u. Pharm. 124, S. 220) und seine Zersetzung in Acetylengas und Kalkhydrat bei der Einwirkung von Wasser nachgewiesen. Für Baryumcarbid C_2Ba fand Maquennes (*C. R. 105, 558*) eine zweckmäfsige Darstellungsmethode (16 Teile trockenes Baryumcarbonat, 6 T. Magnesiumpulver und 1 T. trockenes Kohlenpulver im weiten Reagenzrohr erhitzt), die von Viktor Meyer noch verbessert wurde. Zu technisch brauchbaren Resultaten führte aber erst die Verwendung des elektrischen Stromes. Hierdurch stellte besonders H. Moissan die meisten Carbide her, indem er die Metalloxyde oder direkt die Metalle mit Kohle im elektrischen Ofen behandelte. So wurden aufser dem genannten Baryumcarbid dargestellt die Carbide von Strontium C_2Sr, Aluminium C_3Al_4, Beryllium C_3Be_4 (von P. Lebeau, *C. R. 1895, 121 u. 496*) — Carbide, denen die leichte Zersetzbarkeit durch Wasser in Fettkohlenwasserstoffe und Hydroxyde gemeinsam ist. Gegen Wasser beständig und teilweise durch grofse Härte ausgezeichnet, erwiesen sich die Carbide von Silicium SiC, Titan TiC, Zirkon ZrC_2, Thor ThC_2, Bor B_6C, Chrom C_2Cr_3 und CCr_4, Molybdän Mo_2C, Eisen in verschiedenen Legierungen, von denen Fe_4C als Spiegeleisen bekannt ist. Von der ersten Reihe ist das Calciumcarbid — über das in dieser Ztschr. *VIII 274* ausführlich berichtet worden ist — am wichtigsten geworden, von der zweiten Reihe des Siliciumcarbid, das unter dem Namen Carborund (von carbo und korund hergeleitet) ein Ersatzmittel für Smirgel und Diamantpulver geworden ist und eine besondere Industrie hervorgerufen hat (vgl. d. Ztschr. *VII 145*).

Aus den neuerlichen Untersuchungen H. Moissans über die Carbide seien einige Resultate hervorgehoben. Gold, sowie Wismut und Zinn lösen auch bei der hohen Temperatur des elektrischen Ofens keinen Kohlenstoff auf; Kupfer nur sehr wenig, verändert aber dadurch wesentlich seine Eigenschaften. Silber und besonders Platin lösen reichliche Mengen, scheiden aber alles beim Abkühlen als Graphit wieder ab, bilden also keine Carbide; ähnlich die Platinmetalle Rhodium, Iridium und Palladium. Dagegen wurde durch Erhitzen von kohlensaurem Lithium mit Kohle krystallisiertes Lithiumcarbid erhalten. Ebenfalls in krystallisierter Form wurden die Carbide von *Ca*, *Sr*, *Ba* gewonnen. Die genannten Carbide entwickeln mit Wasser Acetylen in ganz reinem Zustande. Das in hexagonalen Blättchen krystallisierende C_3Al_4 giebt mit Wasser reines Grubengas, ebenso das obengenannte C_3Be_4. Die krystallisierten Carbide der Cergruppe geben mit Wasser ein Gasgemisch, das Acetylen und Grubengas enthält, daneben auch geringe Mengen flüssiger und fester Kohlenwasserstoffe. Dagegen giebt Mangancarbid CMn_3 Grubengas und Wasserstoff, Urancarbid C_3U_2 ein Gemisch, welches Grubengas, Wassertoff und Äthylen enthält, daneben wurden noch reichliche Mengen flüssiger und fester Kohlenwasserstoffe erhalten. Moissan knüpft hieran Betrachtungen geologischer Natur; so liefsen sich z. B. die an manchen Orten seit Jahrhunderten andauernden Ausströmungen von Grubengas auf eine Einwirkung von Wasser auf Aluminiumcarbid zurückführen, so liefse sich ferner eine neue Theorie der Petroleumbildung aufstellen (*C. R. 122, 1462*; *123, 16*; vgl. auch die Citate in ds. Ztschr. *X 38*; über die Carbide von *Cr* und *W* d. Ztschr. *X 160*).

„Die Fabrikation von Calciumcarbid und das Acetylen", eine Schrift von Armin Tenner (in Schöneberg-Berlin, Selbstverlag 1896, 34 S.), enthält viele technisch wertvolle Angaben u. a. über den elektrischen Ofen des Amerikaners Th. L. Willson, dem nach dem Urteil des Verfassers die Priorität vor Moissan bezüglich der Herstellung des Calciumcarbids zukommt. In jüngster Zeit giebt man bei der Carbidfabrikation dem Wechselstrom gegenüber dem Gleichstrom den Vorzug, so ist die Carbidfabrik an den Niagarafällen mit zwei parallel geschalteten Wechselstrommaschinen ausgerüstet. In Deutschland sind Carbidfabriken in Betrieb zu Bitterfeld und Senftenberg. Bezüglich des Acetylens wird den Berechnungen ein Kostenpreis von 250 M. pro 1000 kg Calciumcarbid, mit einem Acetylenertrag von 300 l pro kg, zu Grunde gelegt. Danach würde 1 l Acetylen 0,084 Pf. kosten und das mit 21 Proz. angereicherte Steinkohlengas eine billigere Lichtquelle bieten als in reinem Zustande. *O.*

---

3. Geschichte.

Das Beharrungsgesetz. Von Paul Johannesson. (Jahresbericht des Sophien-R. G. in Berlin, Ostern 1896, *Pr. Nr. 98.*) Wie schon manche vortreffliche Abhandlung ist auch die vorliegende aus dem Unterricht erwachsen, aus der Bedrängnis nämlich, in die sich der Verfasser beim Lehren der mechanischen Grundbegriffe versetzt fand. Er ist dann bei dem Bemühen, die Grundlagen des Beharrungsgesetzes zu erforschen, einer Reihe bereits vorhandener, teils historischer, teils kritischer Untersuchungen über denselben Gegenstand begegnet und hat sich mit diesen auseinandersetzen müssen. Am nächsten steht des Verfassers Auffassung, nach seiner eigenen Aussage, dem Standpunkt Machs, namentlich teilt er auch dessen Überzeugung von der Unverständlichkeit einer absoluten Bewegung. Was das Beharrungsgesetz betrifft, so erblickt er in der bekannten Newtonschen Fassung eine leere Selbstverständlichkeit, die für Newton ihre historische Berechtigung gehabt haben möge, die aber von den Nachfolgern nicht in dieser Form hätte aufrecht erhalten werden dürfen. Denn die Bedingung, dafs keine Kräfte, d. h. keine Beschleunigung hervorbringende Körper vorhanden seien, sei identisch mit der daran geknüpften Folge, dafs die Bewegungen gleichförmig werden. Man könne nicht umhin, die Kraft durch das Fehlen der Beharrung und die Beharrung durch das Fehlen von Kräften zu erklären, was ein offenbarer Circulus vitiosus sei.

Man wird dem Verfasser hierin nicht Unrecht geben können, wenn man die abstrakte Newtonsche Fassung des Beharrungsgesetzes in betracht zieht. In der That kann man das Vorhandensein beschleunigender Kräfte nur an den Abweichungen bewegter Körper von der gradlinig gleichförmigen Bewegung erkennen. Die Sache stellt sich aber doch in anderem Lichte dar, wenn man die historische Entwicklung, die auch der Verfasser zu Rate gezogen hat, genauer ins Auge fafst. Bekanntlich hat die scholastische, an Aristoteles anknüpfende Physik gelehrt, dass ein Bewegungsimpuls (*vis impressa*), der einem Körper mitgeteilt sei, allmählich schwächer werde und endlich erlösche. Nur der kreisförmigen Bewegung gestand man, im Hinblick auf die Himmelskörper, ewige Dauer zu. Dem gegenüber war es ein fundamentaler Fortschritt, der mit der Begründung der neuen Bewegungslehre eng zusammenhängt, dafs Galilei mit durchschlagenden Gründen die Unzerstörbarkeit der *vis impressa* bei Körpern, die sich auf horizontaler Bahn bewegen, darthat. Hierin ist auch schon enthalten, dafs die gleichförmige Bewegung eines sich selbst überlassenen Körpers keine Selbstverständlichkeit, sondern eine Entdeckung ersten Ranges war. Es hat auch heut noch seinen guten Sinn, dafs die Geschwindigkeit eines sich selbst überlassenen Körpers unverändert erhalten bleibt und nicht etwa nach und nach durch die geleistete Ortsänderung verzehrt wird. Bei Galilei selbst findet diese Entdeckung ihren klarsten Ausdruck in der Stelle der Discorsi (III. Tag, S. 57 der v. Öttingenschen Übersetzung): „... dafs der Geschwindigkeitswert, den der Körper aufweist, in ihm selbst unzerstörbar enthalten ist, solange keine äufseren Ursachen der Beschleunigung oder Verzögerung hinzukommen." (Hier ist unter äufseren Ursachen in erster Reihe die Abweichung der Bewegungsrichtung von der Horizontalen, daneben auch die Einwirkung von Reibung und Luftwiderstand zu verstehen.) Der Verfasser ist nun seltsamer Weise der Ansicht, Galilei sei mit dieser Stelle sich selbst untreu geworden und habe

sich dazu durch den folgenden Satz des Aristoteles verführen lassen (Phys. IV 8, bei Heller I, 53 citiert): „Ferner könnte wohl niemand angeben, warum etwas, einmal in Bewegung gesetzt, irgendwo stille stehen sollte; denn warum mehr hier als dort? Demnach mufs es entweder ruhen oder ins Unbegrenzte fort räumlich bewegt werden, falls nicht ein Stärkeres es hindert.“ Der Verfasser widerlegt sich aber selbst, wenn er hinzufügt, dafs eine derartige Begründung den sonstigen Gedankengängen Galileis durchaus zuwider sei. Man wird sich doch hüten müssen, einem so consequenten Denker wie Galilei eine solche sachlich wie psychologisch gleich unbegreifliche Inconsequenz zuzuschieben, zumal wenn für den vermeintlichen aristotelischen Einflufs nicht die geringsten, vor einer besonnenen historischen Kritik standhaltenden Beweisgründe vorhanden sind. Was den Ausspruch des Aristoteles selbst anbelangt, so wird jeder, der das Original nachliest, unschwer erkennen, dafs es sich dort um eine rein dialektische Wendung gegen die Möglichkeit des leeren Raumes handelt, und dafs man darin nicht, wie Heller thut, den Keim des Beharrungsgesetzes erblicken darf. Für die Galilei-Forschung und für die Geschichte der Entdeckung des Beharrungsgesetzes ist die Stelle jedenfalls ohne Bedeutung.

Im Gange der historischen Entwicklung ist die Loslösung des Beharrungsgesetzes von der Beschränkung auf die horizontale Richtung, wie Wohlwill nachgewiesen, nicht von Galilei selbst, sondern erst von Baliani vollzogen worden. (Die von Mach neuerdings angezogene Stelle aus dem Dialoge spricht nur von der Geradlinigkeit, nicht von der Gleichförmigkeit der Bewegung, vgl. d. H. S. 261.) Auch die Geradlinigkeit war nichts schlechthin Selbstverständliches, vielmehr hätte innerhalb des Galileischen Gedankenkreises das Beharren in einer Kreisbahn viel näher gelegen, da die horizontale Bahn bei Galilei nur als sehr kleines Stück einer in Wirklichkeit um das Erdcentrum gelegten Kreisbahn gedacht war. Huygens bedient sich bereits des Gesetzes in der Form der folgenden „Hypothese“: „Wenn die Schwere nicht wäre, noch die Luft der Bewegung widerstände, würde ein jeder derselben die einmal angenommene Bewegung mit gleichbleibender Geschwindigkeit in gerader Linie fortsetzen.“ (Mit dem Wort Hypothese ist hier nicht eine blofse „Vermutung“, sondern eine Voraussetzung in mathematischem Sinne bezeichnet.) Die Huygenssche Fassung ist augenscheinlich nur für irdische Körper aufgestellt, so dafs die Erde den Bezugsort bildet. In völliger Verallgemeinerung erscheint das Gesetz erst bei Newton, und im Anschlusse hieran erheben sich alle die Schwierigkeiten über den Begriff der absoluten Bewegung und die Möglichkeit der Festlegung eines Achsensystems, die den Gegenstand neuerer Controversen bilden.

Man verwirrt die ohne Frage hier vorhandenen Schwierigkeiten bis zur völligen Unlösbarkeit, wenn man die Kantische Lehre von der Transscendentalität des Raums in die Untersuchung hineinzieht. Auch Kant gesteht dem Raum „empirische Realität“ zu und giebt demnach der Physik die Möglichkeit, einen realen Raum (entgegen der Descartesschen Auffassung) bei ihren Festsetzungen zu Grunde zu legen. Die Frage nach der Denkbarkeit einer absoluten Bewegung ist für die Physik gleichfalls ohne Belang; sie ist mit dem Zugeständnis eines realen Raums ohne weiteres in bejahendem Sinne beantwortet. Der Verfasser thut übrigens Lotze Unrecht, wenn er den „inneren Zustand“, den dieser bei jedem bewegten Körper voraussetzt, als einen Seelenzustand auffafst; Lotze denkt vielmehr an etwas, wie das dem bewegten Körper innewohnende Energiequantum, das nicht wie die Bewegung selber zufolge der Relativität von dem bewegten auf den Bezugskörper übertragbar ist. Auch für die Drehbewegung wird sich der absolute Charakter füglich nicht wegdisputieren lassen. Ein Versuch des Verfassers, die Relativität der Drehbewegung experimentell zu erweisen, ist mifsglückt und würde voraussichtlich auch bei sorgfältigerer Versuchsanordnung zu keinem anderen Resultat führen. Wenn nun eine absolute Bewegung auch denkbar ist, so ist sie doch ohne Bezugskörper oder Achsensystem weder erkennbar, noch einer genauen Beschreibung zugänglich. Nach allen darüber stattgehabten Diskussionen ergiebt sich, dafs man nichts weiter thun kann, als ein nach den Fixsternen orientiertes Achsensystem zu Grunde zu legen. Wollte man hiergegen die Veränderungen in der Lage der Fixsterne gegeneinander ins Feld führen, so wäre damit doch nichts gegen die Möglichkeit eines ab-

soluten Achsensystems bewiesen, sondern nur die Aufgabe gestellt, jede spätere Lage der als Bezugskörper gewählten Fixsterne auf die frühere zurückzuführen. Über die Notwendigkeit der Wahl eines Bezugssystems, sobald es sich um Aussagen über irgend welche Bewegungen handelt, kann nach C. Neumanns Auseinandersetzungen kein Zweifel mehr bestehen.

Betrachten wir nun nach diesen Klarstellungen die Newtonsche Form des Beharrungsgesetzes, so wird allerdings die unbestimmte Fassung, „soweit es an ihm ist", ebenso wie die andere „wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen ist, u. s. w." durch eine präcisere ersetzt werden müssen. Der Verfasser erkennt das Charakteristische beider Fassungen in der Unabhängigkeit von anderen Massen, aber er meint, dies bedeute soviel wie, „ohne räumliche Beziehung zu anderen Massen"; er hat es dann leicht, dem Newtonschen Satze jeden Sinn abzusprechen, „da ja jede Bewegung, sofern sie in unser Wahrnehmungsgebiet fallen soll, eine Beziehung des Bewegten zu anderen Massen ist"; durch die Bedingung des Beharrungssatzes werde das verneint, was seiner Aussage erst einen Sinn verschaffen könne. Dem gegenüber müssen wir aber betonen, dafs die Deutung, die der Verfasser jener Newtonschen Wendung giebt, eine völlig willkürliche ist. Newton hat von „einwirkenden Kräften" gesprochen, das darf auf keine Weise beiseite geschoben werden. Darum scheint uns die auch vom Verfasser angeführte Machsche Fassung weit zutreffender: „Sofern die Körper soweit von einander entfernt sind, dafs sie sich keine merklichen Beschleunigungen erteilen, ändern sich sämtliche Bewegungen einander proportional."

Aus der eben angeführten Fassung tritt zugleich aufs deutlichste hervor, dafs es sich um eine Abstraktion handelt, die über die Grenzen möglicher Erfahrung hinausgeht. Denn die in dem Satze gemachte Voraussetzung ist weder in voller Strenge erfüllbar, noch liefse sie sich, wenn sie erfüllt wäre, anders als durch den Nachweis des Nachsatzes (d. h. der gleichförmig geradlinigen Bewegung bei Newton) erkennen. Aus diesem Grunde also bleibt es bei dem anfangs angedeuteten fehlerhaften Kreisschlufs. Der Verfasser erblickt die Bedeutung des Beharrungsgesetzes darin, dafs es keine Erkenntnis, sondern eine Vorschrift, eine sogenannte Forschungsregel ausdrückt. Er zerlegt das Gesetz in drei oberste Regeln für die mechanische Forschung: 1. Führe alle Bewegungen auf geradlinige zurück. 2. Beschreibe die Bewegungen mit Hülfe von Beschleunigungen. 3. Betrachte die Massen als bewegungbestimmende Umstände. Der Referent freut sich, dem Verfasser in diesem Endresultat beistimmen zu können, umsomehr als er, von ähnlichen Erwägungen ausgehend, sich schon vor Jahren (Vierteljschr. f. w. Phil. 1884) dahin ausgesprochen hat, dafs das Beharrungsgesetz als eine Forschungsmaxime anzusehen sei, die deswegen unbedingte Allgemeingültigkeit habe, weil sie durch keine mögliche Erfahrung widerlegt werden könne. Hiernach liefse sich der Kern der Maxime etwa folgendermafsen formulieren: Jede Abweichung von der geradlinig gleichförmigen Bewegung ist zurückzuführen auf das Vorhandensein von Massen, die eine Beschleunigung (oder Verzögerung) auf den bewegten Körper ausüben. Dieser Fassung tritt allerdings ergänzend zur Seite der Erfahrungssatz: Wo auch bisher eine Abweichung von der geradlinig gleichförmigen Bewegung beobachtet wurde, immer haben sich Massen nachweisen lassen, auf deren beschleunigende Wirkung die Abweichung sich in gesetzmäfsiger Form zurückführen liefs. (Dies gilt nicht nur, wie der Verf. meint, von der Entdeckung des Neptun, sondern u. a. auch von jeder kreisförmigen Bewegung.)

Für den Unterricht zieht der Verfasser aus seinen Ergebnissen die Nutzanwendung, dafs man den Beharrungssatz in der allgemeinen Newtonschen Fassung nicht lehren dürfe; dagegen den Beharrungssatz als Forschungsregel in sich aufzunehmen, sei Sache eines leicht vollziehbaren Entschlusses, den man dem Schüler zumuten müsse. Wir meinen indessen, dafs die blofse Einprägung einer solchen Regel etwas Willkürliches an sich trägt, das man vermeiden kann, wenn man den Schüler gemäfs dem vorher angedeuteten historischen Gange mit der Entwicklung des Satzes bekannt macht. In diesem Zusammenhange würde auch das Newtonsche Gesetz (dessen Fassung in der Originalform den Schülern stets das gröfste Interesse abgewinnt) beibehalten werden dürfen. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Die Behandlung des Trägheitsmomentes in der Schule. Von Dr. Emil Mischpeter. (*K. Realgymnasium auf der Burg zu Königsberg i. Pr., 1896, Pr. Nr. 18.*) Die Abhandlung liefert einen überaus schätzenswerten Beitrag für das Zusammenwirken von Mathematik und Physik auf der oberen Stufe des Unterrichts. Wir beschränken uns in diesem Bericht auf die experimentelle Seite des Gegenstandes und verweisen bezüglich der sehr geschickt und schulmäfsig durchgeführten rechnerischen Seite auf die Abhandlung selbst. Der Verfasser leitet zunächst für eine gewichtlose, an einem Ende beschwerte Stange den Begriff des Trägheitsmomentes ab und spricht das Resultat in folgender Form aus: „Zwei Körper sind bei einer Drehung um eine Achse gleich träge (d. h. sie werden durch gleiche Kräfte in gleiche Bewegungen versetzt), wenn ihre Trägheitsmomente für die Drehungsachse gleich sind.“ Das gewonnene Resultat wird experimentell geprüft mit Hülfe eines leicht herstellbaren Apparates: Eine Stahlachse von 115 mm Länge und 8 mm Dicke wird an den Enden konisch zugedreht und 25 mm von jedem Ende durchbohrt. Die eine Bohrung dient zur Aufnahme einer Stahlstange von 500 mm Länge und $4^1/_2$ mm Dicke, die in ihrem Schwerpunkt durch eine kleine Kopfschraube festgedrückt werden kann. In der anderen Bohrung ist ein Faden befestigt. Die Achse wird mit ihren Spitzen in horizontaler Lage in Pfannen gelagert, die in zwei Stahlstäben von quadratischem Querschnitt (etwa 70 mm lang, 10 mm breit) eingedreht sind. Der erwähnte Faden trägt am andern Ende ein Gewicht von 50 g und wird durch Drehung der Achse um diese gewickelt, bis das Gewicht 40 cm über der Tischplatte schwebt; es sind dann 10 Sekunden erforderlich, damit das Gewicht auf die Tischplatte zurückfällt. Der Moment des Auffallens wird infolge Herabdrückens einer Contaktplatte durch ein galvanisches Läutewerk angezeigt, die Zeit selbst durch ein hörbar schlagendes Sekundenpendel gemessen. Man prüft nun zunächst das Gesetz $Mr^2 = M_1 r_1^2$, indem man nacheinander zwei cylindrische Bleigewichte von je 40 g und je 160 g in Abständen von 22 cm und von 11 cm auf der Stahlstange (zu beiden Seiten der Achse) befestigt. In beiden Fällen schlägt das fallende Gewicht nach 20 Sekunden auf die Contaktplatte auf.

Hiernach werden die Trägheitsmomente von Körpern (Stange, Kreisscheibe, Kreisring, Kugel) berechnet. Die für eine Stange von der Länge l gefundene Formel $^1/_3\, Ml^2$ wird auf folgende Weise bestätigt. Zwei gleiche eiserne Stäbe von 25 cm Länge und 8 mm Durchmesser, je 90 g schwer, werden an dem einen Ende ein wenig eingefeilt, so dafs sie sich zu beiden Seiten der Stahlstange und mit dieser durch gewächste Fäden verbunden, an die Achse ansetzen lassen. Wichtig ist, dafs das Gleichgewicht völlig indifferent bleibt, was durch kleine Stückchen Klebwachs erreicht werden kann. Das Fallgewicht ist wieder 50 g, die Fallhöhe 37 cm, die Fallzeit 18 Sekunden. Bringt man nun statt der beiden Stäbe auf jeder Seite der Stahlstange in $23^1/_2$ cm Abstand von der Achse ein Bleigewicht von je 30 g an, so ist die Fallzeit die gleiche. Zur Bestätigung der Formel für die Kreisscheibe ($^1/_2\, Mr^2$) schneidet man aus starkem und recht gleichmäfsigem Weifsblech eine kreisförmige Scheibe (Durchmesser 23,4 cm, Gewicht 224,5 g), die man mit einem hölzernen Hammer sorgfältig eben klopft und solange rings herum abrundet, bis sie recht genau balanciert, wenn man sie auf einer Nadelspitze schweben läfst, nachdem man im geometrischen Mittelpunkte mittels eines Bohrers eine Höhlung eingetrieben hat. Man bohrt darauf in der Mitte eine Öffnung ein, so dafs die Rotationsachse leicht hindurchgeht, und befestigt die Scheibe auf dieser durch vier kleine Schrauben, welche sie gegen die Stahlstange festdrücken und letztere zum Teil umklammern. Der Versuch ergab bei dem Fallgewicht 50 g und der Fallhöhe 36 cm eine Fallzeit von 21 Sekunden. Wurde nun die Scheibe entfernt und statt ihrer in Abständen von 12,7 cm von der Mitte auf jeder Seite der Stahlstange Gewichte von je $56^1/_4$ g aufgesteckt, so erzielte man wieder dieselbe Fallzeit.

Es folgt nun das Gesetz über die parallele Verschiebung der Drehungsachse ($T' = T + Ma^2$). Zur experimentellen Bestätigung dienen zwei Blechscheiben von je 160 g Gewicht und 8,1 cm Radius; jede von ihnen hat im Mittelpunkt und in einem Punkt der Peripherie je eine ganz kurze Hülse, die auf die Rotationsachse pafst. Wurden beide Scheiben mit den

peripherischen Hülsen einander entgegengesetzt auf die Achse aufgesteckt, so dafs die von den Hülsen ausgehenden Scheibendurchmesser längs der Stahlstange liefen, so betrug für ein Fallgewicht von 160 g und eine Fallhöhe von 46½ cm die Fallzeit 14 Sekunden. Wurden dagegen beide Scheiben central auf die Achse gesetzt, so betrug die Fallzeit nur 8 Sekunden; fügte man aber nun noch zwei Gewichte von je 40 g hinzu, die an der Stahlstange in 16,2 cm von der Achse angebracht wurden, so war das Trägheitsmoment dasselbe wie vorher, da

$$T + 160\,(8{,}1)^2 = T + 40\,(16{,}2)^2,$$

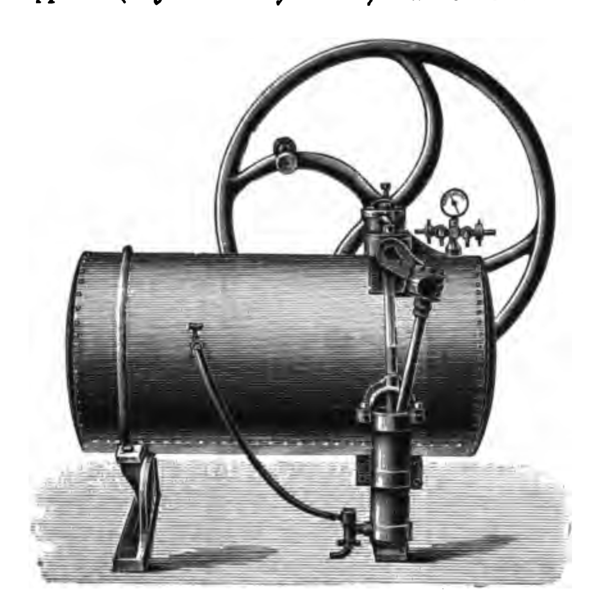
und die Fallzeit betrug wie vorher 14 Sekunden. Im Anschlufs hieran wird das Trägheitsmoment für ein grades Prisma von rechteckigem Querschnitt berechnet.

Als Anwendungen der Lehre vom Trägheitsmoment werden nun noch betrachtet: 1. Die Schwingungsdauer des physischen Pendels. Die leicht abzuleitende Formel für die reduzierte Pendellänge $l = {}^2/_3\,L$ wird durch einen einfachen Versuch bestätigt. — 2. Das Reversionspendel. — 3. Das Trägheitsmoment bei der Atwoodschen Fallmaschine. Das Rad der Maschine wog mit der Achse zusammen 181,6 g. Liefs man es um eine Achse pendeln, die der Hauptachse des Rades parallel, aber von ihr um 0,042 m entfernt war, so machte es in einer Minute 214 Schwingungen, hieraus ergab sich das Trägheitsmoment in Bezug auf die Hauptachse $T = 0{,}028$. Ferner war der Radius des Schnurlaufs am Umfange des Rades 51 mm, woraus für die an Stelle des Rades einzuführende Masse der Wert $108/g$ folgte. Die Fallgewichte der Maschine waren je 277,2 g schwer, das Bleigewicht 10,48. Hiernach wurde die Fallbeschleunigung $g' = 0{,}0156\,g$, der Fallweg in 3 Sekunden 68 cm, in 4 Sekunden 122 cm. Die Versuche stimmten hiermit überein. Luftwiderstand und Reibung waren demnach von unmerklichem Einflufs. — 4. Torsion von Drähten und Trägheitsmoment von Magnetstäben. An einem Messingdraht von 0,25 mm Durchmesser und 1,163 m Länge hängt ein Schiffchen aus Zinkblech und Holz, zur Aufnahme von Stäben verschiedener Art bestimmt. Ist f die Torsionskraft des Drahtes, T' das Trägheitsmoment eines daran befestigten Körpers, so ist die Schwingungsdauer $t = \pi\sqrt{T'/f}$. Man hängt nun nacheinander an das Schiffchen zwei Kugeln aus Elfenbein, die eine vom Radius 0,030 m und Gewicht 189,8 g, die andere vom Radius 0,022 m und Gewicht 80,1 g. Führt man das Trägheitsmoment des Schiffchens $= \tau$ ein und stellt die Gleichungen für die in beiden Fällen beobachtete Schwingungsdauer auf, so lassen sich aus diesen sowohl τ als f berechnen ($\tau = 0{,}003/g$, $f = 0{,}005/g$). Hiernach wurde in das Schiffchen ein Magnetstab gelegt und in schwingende Bewegung versetzt. Durch zwei Beobachtungen der Schwingungsdauer, einmal mit blofsem Magnet, das andere Mal unter Verbindung mit einem senkrecht zum Magneten angebrachten Holzstab von bekanntem Trägheitsmoment, konnten Trägheitsmoment und Drehungsmoment des Magnetstabes bestimmt werden. — 5. Das ballistische Pendel. An einer Messingstange von ungefähr 7 mm Durchmesser und 60 cm Länge war auf ⅔ der Länge (von oben gerechnet) eine hohle cylindrische Messingbüchse von 5,5 cm Durchmesser und 4,5 cm Höhe so angelötet, dafs die Stange die Mitte der Messingbüchse durchsetzte; das Stück der Stange innerhalb der Büchse wurde weggeschnitten, sodafs das Innere völlig freiblieb. Die Büchse hatte auf der einen Seite einen festgelöteten Boden, auf der andern war sie offen; das Innere war mit festgestampftem Glycerinthon ausgefüllt. Der Schwerpunkt des Pendels lag 39 cm vom oberen Ende, das Gesamtgewicht betrug 315 g. Am oberen Ende der Stange war eine kleine Zunge aus federndem Metallblech angelötet, die leicht schleifend auf einer berufsten Glasplatte spielte; auf der Rückseite der Platte war eine Kreisteilung auf Papier aufgeklebt, deren Nullpunkt mit der Ruhelage des Pendels zusammenfiel. Nun wurde aus einer mäfsig geladenen Windbüchse eine Bleikugel von 2 g Gewicht aus möglichst grofser Nähe in die Mitte der mit Glycerinthon gefüllten Kapsel geschossen; der Ausschlag des Pendels betrug 15°. Die in der Abhandlung durchgeführte Rechnung ergiebt (die Pendelschwingungsdauer = 0,6 Sek. gesetzt) für die Geschwindigkeit der abgeschossenen Kugel den Wert von 72 m.

P.

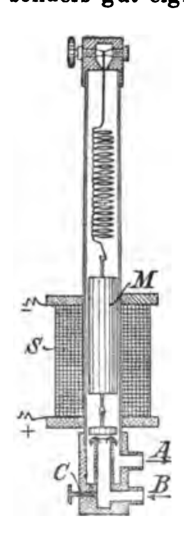
5. Technik und mechanische Praxis.

Luftquelle für Schallversuche. Bei den Versuchen mit L. W. Sterns Tonveränderungsapparat (*vergl. dieses Heft S. 251*) war es erforderlich, die Flasche mit einem unveränderlichen Luftstrom anzublasen; ein Blasebalg ist dafür unbrauchbar. Stern liefs daher von der Luftdruck-Wasserhebungs-Gesellschaft Krause & Co. (Berlin SO., Michaelkirchplatz 24) einen Apparat herstellen, der von den Mängeln der Blasebälge frei ist. Der Apparat (Preis 150 M.) besteht im wesentlichen aus einer Luftpumpe und einem Windkessel. Die Luftpumpe wird durch ein Schwungrad in Betrieb gesetzt und füllt den Kessel in nicht allzu langer Zeit mit grofsen Mengen Luft von 3—6 Atmosphären Spannung. Am Öffnungshahn ist ein Reduzierventil (in der Fig. nicht zu sehen) angebracht, sodafs die Luft nur mit dem für Schallversuche erforderlichen Überdruck von etwa $^1/_2$ Atmosphäre ausströmt.



Bereits früher hat A. Raps (*Zeitschr. f. Instr. X 183, 1890*) Luftströme von grofser Gleichmäfsigkeit zum Anblasen von Pfeifen hergestellt. Werden unveränderliche Luftströme nur vorübergehend gebraucht, so ist die Verwendung von comprimierter Luft in Bomben, die nebst Reduzierventil leihweise zu erhalten sind, zu empfehlen. *H. H-M.*

Spannungsregulator für Thermosäulen. Für physikalische Arbeiten, bei denen grofse Spannungen lange unveränderlich erhalten werden sollen, würde sich die Thermosäule besonders gut eignen, wenn nicht infolge des häufig stark veränderlichen Gasdruckes auch ihre Spannung gröfsere Schwankungen zeigte. Herr Daneel (*Ztschr. f. Elektrochem.; E. T. Z. XVII 608, 1896*) hat auf Veranlassung von Herrn Prof. Nernst folgende Vorrichtung erdacht, um die Schwankungen zu beseitigen, die durch den Gasdruck und durch Vorgänge im Stromkreis hervorgerufen werden: Das Solenoid *S*, das seinen Strom von der Thermosäule erhält und gerade über die das Ganze einschliefsende Glasröhre pafst, zieht bei Erhöhungen der Spannung den Stahlmagneten *M* herunter. Ihm wirkt eine Feder entgegen, die so abgepafst ist, dafs sie durch das Gewicht des Magnets nicht zu sehr gestreckt wird und doch kleinen Zugkräften leicht nachgiebt. Sie hängt mit einem Faden an einer Stellvorrichtung, durch die die Spannung der Feder vergröfsert werden kann. An dem Stahlmagnet hängt der Teller des Ventils. Das Gas strömt durch *B* ein und durch *A* zur Thermosäule ab. *C* ist eine vorn konisch zugespitzte Schraube, mit der man einen zweiten Durchgang für das Gas gerade soweit verschliefsen kann, dafs der hindurchgehende Gasstrom bei völligem Ventilschlufs das Erlöschen der Thermosäule verhindert. Das Zurückschlagen bei geringer Gaszufuhr wird durch Regelung der Luftzufuhr verhindert. Der Apparat ist auf einem mit Stellschrauben versehenen Fufse befestigt. Auf ihm ist ein Regulierwiderstand angebracht, der gestattet, die gewünschte Spannung direkt von dem Apparat abzunehmen. Ohne Reguliervorrichtung ändert sich die Spannung um mehrere Hundertstel; bei Anwendung des Regulators treten nur Schwankungen von wenigen Tausendsteln auf. Die Ausführung des Apparates hat Mechaniker Apel in Göttingen übernommen. *H.-M.*



Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Historisch kritisch dargestellt. Von Dr. Ernst Mach, Professor an der Universität zu Wien. Mit 250 Abbildungen. Dritte verbesserte und vermehrte Auflage. Leipzig, F. A. Brockhaus 1897. (Internationale wissenschaftliche Bibliothek, LIX. Band, S. 503.) 8 M., geb. 9 M.

In der neuen Auflage dieses klassischen Werkes ist dem Texte eine Reihe von Zusätzen einverleibt worden, welche in der zweiten Auflage als Anhang hinter dem Texte erschienen waren. Doch sind auch mancherlei neue Betrachtungen, welche erkenntniskritische und historische Fragen betreffen, hinzugekommen.

Vor der Besprechung der Leistungen des Archimedes werden einige Worte den „Mechanischen Problemen" des Aristoteles (deutsch von Poselger, Hannover, 1881) gewidmet, weil diese Schrift trefflich die intellektuelle Situation charakterisiert, die den Anfang einer wissenschaftlichen Untersuchung bedingt. — Stevins Ableitung der Gesetze der schiefen Ebene mit Hilfe einer geschlossenen Kette wird treffend als Gedankenexperiment bezeichnet und es wird auf die versuchsweise Anpassung quantitativer Spezialauffassungen an allgemeine instinktive Eindrücke (auch auf anderen Gebieten als der Mechanik) hingewiesen. — Nach P. Volkmanns Vorgang in dessen Erkenntnis-theoretischen Grundzügen der Naturwissenschaft (vgl. d. Zeitschr. *X. 163*) wird die Zerlegung der Vorgänge in von einander unabhängige Teile als Isolation, die Zusammensetzung eines Vorganges aus solchen Teilen als Superposition unterschieden. Beide Prozesse zusammen gestatten uns erst, stückweise zu begreifen oder in Gedanken zu reconstruieren, was uns auf einmal unfafsbar ist. — Anknüpfend an die schon in der zweiten Auflage (Zusatz 4) veröffentlichen Erörterungen über das Trägheitsgesetz werden S. 236 die seit 1889 erschienenen Behandlungen des Trägheitsgesetzes erwähnt. So die Darstellung von K. Pearson in dessen *Grammar of Science* (London 1892), ferner die Untersuchungen von P. und J. Friedländer über absolute und relative Bewegung (Berlin 1896), von Johannesson über das Beharrungsgesetz (Berlin 1896), von Vicaire (*Societé scientifique de Bruxelles*, 1895), von J. G. Mac Gregor (*Royal Society of Canada*, 1895) und endlich die Buddesche Auffassung des Raumes als einer Art Medium. — Der interessanteste Zusatz der neuen Auflage sind aber die drei Seiten, in welchen sich Mach über die Mechanik von Hertz ausspricht. Die Umwandlung in der Auffassung der Fernkräfte, welche die Hertzsche Mechanik anbahnt, dürfte (wie Mach im Vorworte bemerkt) auch durch die interessanten Untersuchungen Seeligers über das Newtonsche Gravitationsgesetz beeinflufst werden, welche die Unvereinbarkeit des strengen Newtonschen Gesetzes mit der Annahme einer unbegrenzten Masse des Weltalls dargelegt haben. — Wie objektiv Mach in der Anerkennung fremder Forschungen ist, beweist der Zusatz S. 372, in welchem er ausdrücklich hervorhebt, dafs es J. Petzoldt (Maxima, Minima und Ökonomie, Altenburg 1891) besser als ihm gelungen sei, in Bezug auf dynamische Fälle die Bedeutung der eindeutigen Bestimmtheit darzustellen. Mach stimmt mit Petzoldt vollkommen überein, wenn dieser sagt: „Soweit sind die Sätze von Euler und Hamilton (Prinzip der kleinsten Wirkung) und nicht minder der von Gaufs (Prinzip des kleinsten Zwanges) nichts anderes als analytische Ausdrücke für die Erfahrungsthatsache, dafs die Naturvorgänge eindeutig bestimmt sind."

Mach hat schon in der ersten Auflage des Buches die Beschränkung auf den begrifflichen quantitativen Ausdruck, durch welche alle unnötigen müfsigen Vorstellungen und die daran geknüpften vermeintlichen Probleme entfallen, als das Ideal der physikalischen Ausdrucksweise bezeichnet. Er hat nun die Freude zu sehen, dafs sich seitdem die physikalischen Darstellungen diesem Ideale sehr genähert haben. Die Hertzschen „Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft" geben ein gutes Beispiel für die Beschreibung der Vorgänge durch blofse Differentialgleichungen. In analoger Weise haben sich Machs Erwartungen einer Ausgestaltung der Ansätze zu einer „allgemeinen Energetik", von denen er im Zusatz 6 des Anhanges zur zweiten Auflage spricht, durch die Arbeiten Helms, Ostwalds u. A. der Verwirklichung genähert.

Auch die neuesten Forschungen in der Geschichte der Mechanik sind in dieser Auflage berücksichtigt worden. Dafs Galilei mit seinem Denken an bedeutende Vorgänger anknüpft, wird nicht in Abrede gestellt, aber wohl hervorgehoben, dafs er alle diese Vorläufer bedeutend überrage. Gegenüber der Bemerkung, dafs Galilei das Trägheitsgesetz nur für horizontale Bewegungen aufgestellt habe, wird ausdrücklich betont, dafs Galilei bereits wufste, dafs eine Flintenkugel, dem Einflusse der Schwere entzogen, geradlinig in der Richtung des Laufes fortfliegen würde. Die betreffende Stelle aus dem „Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo" ist S. 500 nach der Paduaner Ausgabe von 1744 wörtlich angeführt.

Analog wie Galilei hat auch Newton seine Vorläufer gehabt, namentlich, was den Gedanken der allgemeinen Gravitation betrifft. In dieser Hinsicht wird, anschliessend an Rosenbergers Werk über „Newton und seine physikalischen Prinzipien“, besonders auf Hooke näher eingegangen, der sich schon die Schwerewirkung durch eine Art Strahlung vermittelt und dem Quadrate der Entfernung verkehrt proportional denkt. Ebenfalls im Anschlusse an Rosenberger wird darauf hingewiesen, dafs Newton bei seinem eigentümlichen Entwicklungsgange die Auffassung der Masse als einer Quantität der Materie sehr nahe gelegen habe. — Auf Seite 156 wird ein interessantes Experiment von Huygens ausgegraben, in welchem dieser Forscher ein Bild der Schwere erblickt. Er legt in ein geschlossenes Gefäfs mit Wasser Siegellackstückchen, die etwas schwerer sind als das Wasser. Wenn das Gefäfs rotiert, so drängen sich die Siegellackstückchen an den äufseren Rand des Gefäfses; bringt man aber letzteres zur Ruhe, so werden die rascher als das Wasser an der Rotation verhinderten Siegellackstückchen gegen die Achse des Gefäfses getrieben. — Mit Hinblick auf Planck, Helm und Helmholtz spricht Mach (S. 496) über die „metaphysischen“ Gesichtspunkte J. R. Mayers und betont bei dieser Gelegenheit, dafs er solber einen metaphysischen Standpunkt überhaupt nicht einnehme.

In Machs 1896 erschienenen Prinzipien der Wärmelehre werden vielfach erkenntnis-theoretische Probleme behandelt, die auch in der Mechanik eine Rolle spielen. Eine natürliche Folge davon ist, dafs in der neuen Auflage der Mechanik vielfach auf ersteres Buch hingewiesen wird, so S. 29, 148, 191, 220, 485, 489, 495. Es sollte kein Leser der Mechanik versäumen, sich diese Stellen in den Prinzipien der Wärmelehre nachzulesen, er wird davon reichen Gewinn haben.

Das Register hat viele Vermehrungen erfahren, die sich nicht blofs auf die neuen Abschnitte, sondern zum Teil auch auf den alten Grundstock des Werkes beziehen. Doch könnte das Verzeichnis noch manche Erweiterung vertragen. So vermifst man D'Arcy (S. 289), Coriolis (S. 273), Grassi (S. 89), Green (S. 102), Halley (S. 441), L'Hôpital (S. 419), Jolly (S. 184), Kater (S. 179), König (S. 445), Lamé (S. 89), Maclaurin (S. 445), Maraldi (S. 445), Maxwell (S. 213), Regnault (S. 89), Réaumur (S. 445), Sauveur (S. 147), Valerianus Magnus (S. 112), Wood (S. 445). Auch die Ausdrücke, „mechanische Mythologie“ S. 455 (für die projektierte Weltanschauung der Encyklopädisten) und „affine Gebilde“ S. 160 hätten wohl ein Plätzchen im Register verdient. *Dr. K. Haas, Wien.*

Grundrifs einer Geschichte der Naturwissenschaften. Zugleich eine Einführung in das Studium der naturwissenschaftlichen Literatur. Von Dr. Friedrich Dannemann. I. Band. Erläuterte Abschnitte aus den Werken hervorragender Naturforscher aller Völker und Zeiten. Mit 44 Abbildungen in Wiedergabe nach den Originalwerken. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1896. XII und 375 S. M. 6,—, geb. M. 7,20.

Vor mehr als zwanzig Jahren hatte Professor Mach[1]) den Plan gefafst, ein Lesebuch mit Auszügen aus den Werken bedeutender Physiker zu veröffentlichen, welches einen Einblick in die Geschichte der wichtigsten physikalischen Probleme und in die Gedankenwerkstätte der Forscher gewähren sollte. Er konnte aber für seine Idee keinen Verleger finden. Der Einflufs, den das historische Element auf den naturwissenschaftlichen Unterricht ausübt, wurde damals eben noch nicht gebührend gewürdigt. Seit jener Zeit haben sich glücklicherweise die Anschauungen über diesen Punkt gründlich geändert und so konnte Dannemann einen ähnlichen, nur etwas weitergehenden Gedanken mit Erfolg verwirklichen. Mit glücklichem Griff hat der Verfasser aus den Werken der bedeutendsten Naturforscher eine Reihe von leicht verständlichen Kapiteln (62) ausgewählt, die sich auf Marksteine in der Geschichte der Wissenschaft beziehen. Mit sehr geschickter Hand hat er die Modernisierung des Inhaltes bewerkstelligt, indem er Unwesentliches und heute nicht mehr Sachgemäfses beseitigte und Ausdrucksweise und Stil, wo diese veraltet waren, in passender Weise abänderte. Jedem Abschnitte geht eine kurze historische Notiz über das Leben des Autors, über seine Bedeutung für die Wissenschaft und über seine wichtigsten Werke voraus. Durch diese Notizen sowie durch viele erläuternde Fufsnoten wird das Verständnis des vorgetragenen Stoffes wesentlich gefördert. Die Illustrationen harmonieren in ihrer altmodischen, naiven Schlichtheit prächtig mit dem Texte. Die Ausstattung ist vorzüglich.

Von physikalischen Kapiteln wären besonders hervorzuheben: Archimedes entwickelt die Prinzipien der Mechanik; die Aufstellung des heliocentrischen Weltsystemes; Galilei als Begründer der Dynamik; Gilbert erforscht die Natur des Magneten; Pascal entdeckt die Abhängigkeit des Barometerstandes von der Höhe des Ortes; die Erfindung der Luftpumpe; Newton erforscht die Natur des Sonnenlichtes; Newton entdeckt das Gravitationsgesetz; das Licht wird von Huyghens für eine Wellenbewegung des Äthers erklärt. Die Entdeckung des Mariotteschen Gesetzes; die Kant-Laplacesche

---

[1]) Nach einer Mitteilung in seiner im Wintersemester 1896 an der Wiener Universität gehaltenen Vorlesung: Kritische Erörterungen über den physikalischen Unterricht.

Hypothese; die Meteore werden als kosmische Massen erkannt; die Erfindung des Blitzableiters; die Erfindung des Eiskalorimeters; die Entdeckung des Galvanismus; die Entdeckung des Elektromagnetismus; die Entdeckung der galvanischen und magnetischen Induktion; die Erfindung der Photographie; die erste Bestimmung der Entfernung eines Fixsternes durch Bessel; die Entwicklung der Theorie der Dampfmaschine durch Carnot; das Prinzip von der Erhaltung der Kraft; Kirchhoff und Bunsen schaffen die Spektralanalyse. — Von den chemischen Kapiteln sind zu nennen: Scheele entdeckt den Sauerstoff und analysiert die atmosphärische Luft; Lavoisier erklärt die Verbrennungserscheinungen; die Aufstellung der atomistischen Hypothese durch Dalton; Gay Lussac entdeckt das Volumgesetz; die Entdeckung des Kaliums und Natriums durch Davy, des Aluminiums durch Wöhler, des Ozons durch Schönbein.

Die Lektüre des Werkes kann der lernenden Jugend nicht warm genug empfohlen werden. Die Gedankenentwicklungen grofser Forscher in ihrer Frische und Ursprünglichkeit wirken auf das nachhaltigste auf den empfänglichen Geist des Jünglings und beleben in hohem Grade sein Interesse an dem behandelten Gegenstand. Referent hat sich davon wiederholt durch den Vortrag einzelner Kapitel des Buches beim Unterrichte in den oberen Klassen überzeugt. Das Buch sollte in keiner Schülerbibliothek fehlen; es wird aber auch dem Lehrer eine Fülle von Anregungen bieten.

Dem zweiten Teile des Werkes, der die Zusammenhänge in der Geschichte der Wissenschaften verfolgen und darstellen soll, sehen wir mit dem lebhaftesten Interesse entgegen. *Dr. K. Haas, Wien.*

Vorlesungen über Thermodynamik. Von Prof. Dr. Max Planck. Mit fünf Figuren im Text. Leipzig, Veit & Co. 1897. VI u. 248 S.

Das lange erwartete Buch des verdienstvollen Theoretikers ist hervorgegangen aus den Vorlesungen, die er an der Berliner Universität über den Gegenstand gehalten hat.

Wer die Abhandlungen von Planck über die Vermehrung der Entropie sorgfältig studiert hat, wird die Vorzüge der Planckschen Arbeitsmethode und Darstellungsweise kennen: peinlichste Gewissenhaftigkeit und Genauigkeit in den Deduktionen, Anspruchslosigkeit und vollendete Klarheit in der Darstellung. Das Buch bildet eine Ergänzung der seinerzeit in den Wiedemannschen Annalen sowie in der Zeitschrift für physikalische Chemie erschienenen Abhandlungen; vieles, was dort nur angedeutet wurde, erhält hier eine breitere Ausführung; mancher Gedanke, der in den Abhandlungen vielleicht unvermittelt stand, erhält in dem Buch seinen Platz in einer ununterbrochenen Kette von Schlüssen.

Das Verdienst, das sich Planck um die Thermodynamik erworben hat, beruht in der Geschicklichkeit, die weittragenden Resultate dieser Disziplin ohne die geringste Beeinträchtigung der Genauigkeit mit den allereinfachsten mathematischen Hilfsmitteln zu gewinnen und sie in eine für weitere Rechnungen und Schlufsfolgerungen überaus bequeme Form zu bringen. Wer, wie der Referent, bei seinen wissenschaftlichen Arbeiten beinahe täglich in die Lage kommt, mit Hilfe der Planckschen Formeln Fragen zu stellen, weifs die unerschöpfliche Anwendbarkeit derselben zu schätzen.

Planck behandelt die beiden Hauptsätze der Thermodynamik als reine Erfahrungssätze, erfliefsend einerseits aus der Unmöglichkeit, ein perpetuum mobile zu construieren, andererseits aus der Unmöglichkeit der Beschaffung einer periodisch funktionierenden Maschine, die nur die Hebung einer Last und die Abkühlung eines Wärmereservoirs bewirkt. Mit dem Rüstzeug, das die beiden Hauptsätze liefern, werden nun die mannigfaltigsten Probleme physikalischen und chemischen Gleichgewichts behandelt, stets in instruktiver Steigerung von den einfacheren zu den complizierten Fällen.

Wenn man aus der Fülle des meisterhaft behandelten Stoffes etwas herausheben dürfte, so möchte der Abschnitt über den zweiten Hauptsatz und über die Phasenregel von Gibbs als ganz besonders gelungen zu bezeichnen sein.

Wer in das wichtige Gebiet der Thermodynamik einzudringen wünscht, dem könnte der Referent keinen zuverlässigeren Führer empfehlen als dieses Buch. Es ist in demselben kein Satz von irgend welcher Bedeutung übergangen und die Rechnungen halten sich in wohlthuender Entfernung sowohl von allem überflüssigen Formelkram als von spielendem und täuschendem Hervorzaubern von Resultaten auf Kosten der Genauigkeit und Bündigkeit der Schlüsse. *H. Jahn.*

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1896—1897. Enthaltend die hervorragendsten Fortschritte auf den Gebieten der Physik, Chemie und chemischen Technologie, angewandten Mechanik, Meteorologie und physikalischen Geographie etc. XII. Jahrgang. Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von Dr. Max Wildermann. Freiburg i. B., Herdersche Verlagshandlung 1897, 8° M. 6, geb. M. 7.

Je mehr die Naturwissenschaften an Wichtigkeit gewinnen, je mehr die Technik sie benutzt, desto mehr tritt für jeden das Bedürfnis hervor, sich mit den Hauptfortschritten der einzelnen Ge-

biete im Zusammenhang zu halten. Die Grundlage in den elementaren Kenntnissen mufs freilich die Schule gegeben haben, an die die Forderung herantritt, diese Grundlage zu verbreitern und fester zu legen. Werke wie das obige werden jedem willkommen sein, der sich mit den Fortschritten unserer Zeit receptiv beschäftigt. Dasselbe ist inhaltlich aufserordentlich reich, es umfafst 1. Physik, geordnet nach den gewöhnlichen Teilen, nur dafs der Röntgenstrahlen wegen ein besonderes Grenzgebiet des Lichtes und der Elektrizität abgetrennt ist, und dafs die Molekularphysik keine Stelle findet. Verfasser Wildermann. 2. Chemie, Physik und theoretische Chemie; spezielle Theorie, Apparate und Versuche, technische Chemie, Verf. H. Hovestadt. 3. Zoologie, Verf. H. Reeker. 4. Botanik, Verf. O. E. R. Zimmermann. 5. Forst- und Landwirtschaft, Verf. Fritz Schuster. 6. Mineralogie und Geologie, Verf. H. Baumhauer. 7. Astronomie, Verf. J. Franz. 8. Meteorologie, Verf. W. Trabert. 9. Gesundheit, Medizin und Physiologie, Verf. F. W. Gigglberger. 10. Länder- und Völkerkunde (den Landesgebieten nach geordnet, Europa ausgenommen), und physikalische Geographie, Verf. F. Behr. 11. Handel, Gewerbe und Industrie v. M. Wildermann. 12. Angewandte Mechanik von demselben. 13. Anthropologie, Ethnographie und Urgeschichte von S. Scheuffgen. 14. Von verschiedenen Gebieten von M. Wildermann.

Ein Personen- und Sachregister erhöht die Brauchbarkeit. Die dem Berichte zu grunde liegenden Originalarbeiten sind meist angegeben, auch dienen 49 Zeichnungen zur Erläuterung einzelner Apparate und Erscheinungen auf den verschiedensten Gebieten. Es ist anzuerkennen, dafs überall die wissenschaftliche Basis festgehalten, anekdotenhafte Übertreibung und das Hervorheben von Kuriositäten fern geblieben ist. *Schw.*

Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen höherer Lehranstalten. Im Anschlusse an desselben Verfassers Grundzüge der Physik bearbeitet von Prof. Dr. H. Püning. Münster i. W. 1897, Aschendorffsche Buchhandlg. VIII und 270 S., geb. M. 2,80.

Den „Grundzügen der Physik“, die in dieser Zeitschrift (*VI 313*) anerkennend besprochen worden sind, hat der Verfasser nach Verlauf von vier Jahren das dazu gehörige Lehrbuch für die Oberstufe folgen lassen. Da nicht alles, was in jenem behandelt ist, noch einmal gebracht werden konnte, so ist für gelegentliche Wiederholungen vielfach auf die Grundzüge zurückverwiesen, was im Prinzip auch Billigung verdient, wennschon an mehreren Stellen, wo dem Unterkursus ein zu reicher Stoff zugeschoben worden war, namentlich beim Galvanismus, eine gewisse Unbequemlichkeit daraus erwachsen dürfte. Das vorliegende Lehrbuch ist seiner Bestimmung nach in der Form knapper gehalten als die Grundzüge, bei denen die breitere Darstellung geradezu einen Vorzug ausmachte. In der Auswahl des Stoffes ist einerseits dem wissenschaftlichen Standpunkt der Gegenwart, andererseits den Bedürfnissen des Unterrichts vollauf Genüge geschehen. An mehreren Stellen geht der Umfang des Gebotenen über das Mafs dessen hinaus, was auf dem Gymnasium in der jetzt verfügbaren Zeit bewältigt werden kann. Doch erwächst dem Buche daraus kein Vorwurf, da solche Zusätze erfahrungsgemäfs den begabteren Schülern einen willkommenen Anlass zu tieferem Eindringen in den Gegenstand bieten; auch sind gerade die Particen, die in dieser Beziehung in betracht kommen, wie die Einführung in den zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie oder die Entwicklung der theoretischen Sätze über das Potential, sehr klar durchdacht und in anschaulicher Form dargestellt. Andere Zusätze, durch die das Buch sich von vielen ähnlichen unterscheidet, dürften allmählich zu dem festen Pensum des Gymnasiums zu rechnen sein, so der Fall auf beliebigen Kurven, die Zusammensetzung von Drehungen zur Erklärung des Foucaultschen Pendels, der Satz über Gravitationsarbeit, die experimentelle Behandlung des Potentials und seiner Beziehungen zum galvanischen Strom; auch die Einfügung eines Abschnittes über elektrische Schwingungen und elektrische Strahlen erscheint als zeitgemäfs, obgleich die Erledigung innerhalb des Pensums bei dem immer mehr anschwellenden Stoffe nicht oft möglich sein wird. Den Kraftlinien ist der Verfasser nicht aus dem Wege gegangen, was er über sie mitteilt, ist exakt und bezeichnet ungefähr den Umfang, in welchem der neuerdings allzusehr in den Vordergrund getretene Begriff für das Gymnasium verwertbar ist. Auch seine Ableitung des 1. Kepplerschen Gesetzes (vgl. d. Zeitschr. *IX 26*) hat der Verf. dem Buche eingefügt; wir möchten, ohne die sachliche Berechtigung hierzu in Abrede zu stellen, aus naheliegenden Gründen die Ableitung doch dem mathematischen Unterricht überweisen. Einige kleinere Abschnitte endlich, wie die Kräftepaare, die Lehre vom Kreisel, und auch der nur schwer anzustellende Fresnelsche Spiegelversuch können ohne Schaden aus dem Buche wegbleiben.

Eine Reihe von Einzelbemerkungen und Wünschen füge ich dem Gesagten hinzu, um meinerseits zur weiteren Vervollkommnung des mit vieler Sorgfalt gearbeiteten Lehrbuches beizutragen. S. 3: Die Definition der Geschwindigkeit als Verhältnis von Weg und Zeit ist zwar vielfach üblich, aber logisch anfechtbar, wie überhaupt die Dimensionen der physikalischen Gröfsen eine sehr vorsichtige Behandlung erfordern. — S. 4: Aus der Behandlung der beschleunigten Bewegung hält man

den Kraftbegriff lieber ganz fern. — S. 6: Der Zusammenhang von Kraft, Masse und Beschleunigung bedarf einer ausführlicheren Darlegung. — S. 18: Die Schwingungsbewegung wird besser nach der Centralbewegung behandelt, da sie aus dieser ableitbar ist. — S. 20: Die Centrifugalkraft ist durch den „Widerstand des Körpers gegen die fortwährende Krümmung seiner Bahn" sehr unzutreffend erklärt. — S. 55: Die Formel für die Ausflufsgeschwindigkeit kann nicht als durch Versuche vollauf bestätigt bezeichnet werden. — S. 73: Galileis Instrument war ein Thermoskop, kein Thermometer. — S. 74: Der absolute Nullpunkt ist auf die hier angegebene Art nicht ausreichend definiert; correkt ist die spätere Darlegung (S. 104). — S. 98: Bei der mechanischen Wärmetheorie wäre es nicht unwichtig anzugeben, dafs die Beziehung zwischen Arbeit und Wärme nicht an die Vorstellung von der kinetischen Natur der Wärme gebunden ist; alles auf letztere Bezügliche gehört in einen anderen Zusammenhang (S. 103). — S. 95: Der Joulesche Versuch ist, wie öfter bemerkt, schon von Gay-Lussac angestellt worden (s. den Abdruck bei Mach, Prinzipien der Wärmelehre); der Versuch beweist auch streng genommen nicht, dafs bei Ausdehnung ohne Arbeitsleistung die Temperatur ungeändert bleibt, obwohl Joule und auch Mach dies so darstellen. — S. 109: Bei dem Übergang zu Molekularmagneten ist nicht scharf genug zwischen Thatsache und Hypothese unterschieden. — S. 124: Dafs die Erde das Potential 0 hat, ist als Übereinkunft anzusehen nnd bedarf keiner besonderen Beweisführung. — S. 131 ff.: Hier ist auf den Voltaschen Fundamentalversuch und den Unterschied zwischen Leitern 1. und 2. Klasse noch zu viel Gewicht gelegt. — S. 140: Die Gesetze für den galvanischen Widerstand werden im Unterricht auf andere Weise als die angegebene experimentell zu bestätigen sein. — S. 162: Die Definition der Dynamomaschine ist ungenau. — S. 183: Die schwingenden Luftsäulen bedürfen einer ausführlicheren Behandlung und sind am besten mit der Resonanz zu verbinden. — S. 214: Zum Regenbogen sollte neben der mehr empirischen, an Descartes anschliessenden Ableitung auch eine strenger mathematische gegeben werden.

Wenn nun in bezug auf psychologische Durcharbeitung und didaktische Gestaltung des Stoffes auch noch manches zu wünschen bleibt — namentlich könnte die Darstellung noch mehr nach Machschem Vorgange in inneren Zusammenhang mit der historischen Gedankenarbeit gesetzt sein —, so mufs das Buch im ganzen doch als eine gediegene Leistung und als ein entschiedener Fortschritt in der Lösung der Lehrbuchfrage bezeichnet werden. Es wird sich als ein recht brauchbares Hülfsmittel für den Unterricht auf der Oberstufe erweisen. *P.*

Krupps Gufsstahlfabrik. Von Prof. Dr. Friedr. C. G. Müller. Illustriert von Felix Schmidt und A. Montan. Düsseldorf, August Bagel, 1897. IV und 197 S. gr. 4°. Geb. M. 25,—.

Das Buch bietet neben einer Beschreibung der Kruppschen Fabrik eine wohlgelungene gemeinverständliche Darstellung der Metallurgie des schmiedbaren Eisens. Ganze Abschnitte sind unmittelbar für den chemischen und physikalischen Unterricht von Wert, so die Kapitel über „Eisen und Stahl in ihrer chemischen Zusammensetzung", über den „Siemens-Martinprozefs", den „Bessemerprozefs", und besonders auch über „Geschofs und Ladung". Interessant und in sozialpolitischer Hinsicht lehrreich sind auch die ausführlichen Mitteilungen über die Wohlfahrtseinrichtungen der Fabrik. Der Text zeichnet sich durchweg durch Klarheit und fesselnde Darstellung aus. Sechs Heliogravüren nach Gemälden von A. Montan und zahlreiche Illustrationen von F. Schmidt verleihen dem Buche den Charakter eines Prachtwerkes. *P.*

Magnetismus und Elektrizität mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von Dr. Gustav Benischke. Mit 202 Figuren im Text. Berlin und München, Julius Springer und R. Oldenbourg, 1896. XIV u. 272 S. M. 6.

Das Buch ist für Leser bestimmt, die über die Anfangsgründe der Physik und höheren Mathematik verfügen und sich für praktische Zwecke einen allgemeinen Überblick über die moderne Theorie des Magnetismus und der Elektrizität verschaffen wollen. Es giebt eine klare und wissenschaftlich richtige Darstellung dieser Lehren in der älteren Anordnung und behandelt aufserdem noch die Erscheinungen bei Wechselströmen von grofser Periodenzahl und die darauf beruhenden Blitzschutzvorrichtungen, ferner das absolute Mafssystem, die Mefsinstrumente und die Mefskunde. Die mehr dogmatisch gehaltenen Entwicklungen, die auf eine physikalische Grundlegung und Veranschaulichung weniger Gewicht legen, sind zuweilen auf Kosten der Schärfe etwas zu kurz gehalten. Mit Recht wendet sich der Verfasser gegen das jetzt aufkommende „elektrotechnische Kauderwälsch", gegen Ausdrücke wie „Konduktanz, Reaktanz, Admittanz" u. s. w. Die Schreibweise „Amper" statt „Ampère" dürfte weniger Anklang finden. Über andere besondere Benennungen des Verfassers hat sich Gisbert Kapp in der *E.T.Z. XVII 487* ablehnend ausgesprochen. Es ist wenig rücksichtsvoll gegen die Leser, auf Stellen in gröfseren Werken, wie Ewing, Magnetische Induktion, du Bois, Magnetische

Kreise, Kohlrausch, Praktische Physik, ohne Angabe der Seitenzahlen hinzuweisen. Auf S. 29 hätte auch der spezifische Leitungswiderstand von Nickelin, Constantan, Manganin u. s. w. angegeben werden sollen. *Hahn-Machenheimer.*

Lehrbuch der Experimentalphysik. Von Adolph Wüllner. II. Band: Die Lehre von der Wärme. Mit 131 in den Text gedruckten Abbildungen und Figuren. Fünfte vielfach umgearbeitete und verbesserte Auflage. Leipzig, B. G. Teubner, 1896. XI und 395 S. M. 12.

Auch dieses altbewährte Werk hat dem Umschwung Rechnung getragen, der sich in der neueren Zeit auf dem Gebiete der physikalischen Forschung vollzogen hat. Die Lehre vom Licht, die früher den zweiten Band bildete, ist jetzt mit Rücksicht auf die elektromagnetische Lichttheorie in den vierten verwiesen, während der zweite die Wärmelehre behandelt. Namentlich die Lehre von der Änderung der Aggregatzustände durch die Wärme hat durch die Fortschritte der physikalischen Chemie erhebliche Erweiterung erfahren. Aber auch andere Abschnitte sind gemäfs den neueren Entdeckungen ergänzt worden, so die Thermometrie durch die Messung sehr hoher und sehr tiefer Temperaturen mittels der Thermoelemente, die Lehre von der spezifischen Wärme durch das Dampfkalorimeter, Pfaundlers Methode zur Bestimmung der spezifischen Wärme mittels des galvanischen Stroms u. a. m. In der mechanischen Theorie der Wärme fehlt noch immer die erste Berechnung des Wärmeäquivalents durch R. Mayer. Der vorwiegend auf die Darstellung der experimentellen Methoden gerichtete Charakter des Buches ist auch in der neuen Auflage derselbe geblieben. Jeder Band wird auch einzeln abgegeben. *P.*

Leitfaden der praktischen Physik. Von F. Kohlrausch. Mit einem Anhange „Das absolute Mafssystem". Achte vermehrte Auflage, XXIV u. 492 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1896.

Die neue Auflage des jedem Physiker bekannten Buches weist in verschiedenen Beziehungen eine Vermehrung des Inhaltes auf; zunächst sind technische Arbeiten (z. B. Quecksilberbehandlung, Herstellung constanter Temperaturbäder, Herstellung von Quarzfäden) eingehender als früher berücksichtigt. Ferner sind einzelne Kapitel wie moderne Elektrizitätserzeugung, Untersuchung magnetischer Materialien, Messung hoher Temperaturen und Drucke sowie physikalisch-chemische Methoden neu aufgenommen bezw. ausführlicher behandelt worden. Es versteht sich von selbst, dafs hierbei neue Instrumente (z. B. die du Boissche magnetische Wage, die Righi-Lenardsche Wismutspirale zur Messung magnetischer Felder u. a. m.) in betracht gezogen wurden. Auch die beigefügten Tabellen haben neben der notwendigen Revision eine Erweiterung erfahren. *Sp.*

Die Chemie im täglichen Leben. Gemeinverständliche Vorträge von Dr. Lassar-Cohn, Universitätsprofessor zu Königsberg i. Pr. 2. umgearbeitete und vermehrte Auflage. Hamburg und Leipzig, L. Vofs, 1897. 303 S. geb. M. 4,00.

In zwölf Abschnitten oder „Vorträgen" wird ein ungemein reichhaltiger Stoff: die Atmung, die Beleuchtung, die Ernährung der Pflanzen und des Menschen, die Sprengstoffe, die Herstellung alkoholischer Getränke, die Photographie, die Farbstoffe, die Zuckerindustrie, die Metalle und vieles andere in anschaulicher und anziehender Weise behandelt. Besonderen Wert möchten wir den physiologischen Abschnitten sowie den eingestreuten, teilweise sehr ausführlichen Bemerkungen nationalökonomischen Charakters beimessen. — Es war vielleicht nicht nötig, die Formeln für salpetersaures und chlorsaures Kalium, der vulgären Bezeichnungsweise zu Liebe, durch NO_3K und ClO_3K (S. 126) wiederzugeben; Salicylsäure ist nicht ohne weiteres zu den ungiftigen Stoffen zu rechnen (S. 291). Bei der Beschreibung des Blutkreislaufes ist für die Wiederkehr eines Blutteilchens nach dem Herzen die Zeit von 10 Sekunden zu tief gegriffen (S. 11); als Grund dafür, dafs der Bienenhonig an sich nicht gährt, konnte neben der Conzentration (S. 94) noch die von K. Müllenhoff beobachtete Thatsache angeführt werden, dafs die Bienen vor dem Deckeln der Zelle jedesmal ein Tröpfchen Ameisensäure hinzufügen. — Diese geringfügigen Bemerkungen können und sollen aber den grofsen Wert des Buches nicht beeinträchtigen. Dies wird im Gegenteil nicht verfehlen, sich in weiten Kreisen einzubürgern und so hoffentlich indirekt dazu beitragen, der Bedeutung der Chemie auch für den Jugendunterricht — welcher in den letzten Lehrplänen inbesondere für die Gymnasien leider so starker Abbruch geschehen ist — wieder zu gröfserer Würdigung zu verhelfen. *O. Ohmann.*

A Kisérleti chemia elemei (Die Elemente der Experimental-Chemie) von Karl Than. I. Band. 1. Buch „Allgemeine Chemie" 472 S. Budapest 1897. Verlag des Verfassers.

Das Erscheinen dieses Werkes wurde in Ungarn schon lange mit Spannung erwartet. UniversitätsProfessor Karl Than in Budapest ist als Forscher und Experimentator bekannt; er ist aber auch ein vorzüglicher, erfahrener Lehrer und es danken ihm mehr oder weniger alle ungarischen Chemiker ihre Ausbildung. Das Werk soll hauptsächlich ein Lehrbuch für die Studierenden

an der Universität und ein Leitfaden für die angehenden Forscher zur Einführung in das Verständnis der ausführlichen Handbücher und Original-Werke sein.

In der Einleitung wird durch einfache Experimente der Begriff der chemischen Umwandlungen festgestellt, die chemischen Eigenschaften der Körper und deren Untersuchungsmethoden erläutert; daran schliefsen sich Abschnitte über physikalische Grundbegriffe und über allgemeine Energetik.

Der I. Teil (Die chemische Constitution der Körper) behandelt im besonderen: Die Gesetze der chemischen Zusammensetzung (*vgl. d. Zeitschr. III 71, 1889*); die Theorie der chemischen Zusammensetzung; die Gemische und Lösungen; die chemischen Bestandteile; Äquivalente und Valenz; den chemischen Charakter der Wurzeln; die chemische Constitution der Verbindungen; die Systematik der Chemie. Der II. Teil (Die chemische Umwandlung der Körper) umfafst: Die chemische Reaktion; Thermochemie; Elektrochemie; Elemente der chemischen Mechanik; Energetik der chemischen Mechanik; Abrifs der Geschichte der Chemie; Übersicht der chemischen Litteratur. — Den Ausgangspunkt für die Ableitung der Lehrsätze bilden immer einfache Vorlesungs-Experimente meistens in orgineller Anordnung, diesen folgt die induktive Definition und nur dann, scharf getrennt, die Erklärung durch Theorie und Hypothese. Besonders lehrreich sind die kurzgefafsten Einführungen und Zusammenfassungen jedes Abschnittes. Das zweite Buch des I. Bandes wird die Eigenschaften der Elemente behandeln, der II. Band die Eigenschaften der chemischen Verbindungen. *Dr. Karl Jahn, Kronstadt.*

1. **Elementarunterricht in der Chemie.** Von M. Rosenfeld, Prof. a. d. Staatsrealschule in Teschen. Mit 53 Abbildungen. Herder, Freiburg i. Br. 1896. XI und 127 S. M. 1,60.

2. **Experimentierbuch für den Elementarunterricht in der Chemie.** Von M. Rosenfeld, Prof. a. d. Staatsrealschule in Teschen. Mit 44 Abbildungen. Herder, Freiburg i. Br. 1896 VIII und 40 S. M. 1,20.

1. Der vorliegende Leitfaden gehört zu den methodischen und hat sich zur Aufgabe gestellt, die „Arendtschen und Wilbrandschen Unterrichtsprinzipien miteinander zu verschmelzen". Er reiht sich damit einer gröfseren Anzahl neuerdings erschienener Leitfäden an, die mehr oder weniger dasselbe Ziel verfolgen, hat aber vor manchem von ihnen eine gröfsere Selbständigkeit und eine gröfsere Anzahl originaler Versuche voraus. Im ganzen erscheint das Buch als eine Umarbeitnng von desselben Verfassers „Leitfaden für den ersten Unterricht in der anorganischen Chemie" (vgl. d. Ztschr. *VI 210*). Im ersten „Chemische Synthese" überschriebenen Abschnitt wird hauptsächlich das Verhalten der Metalle und einiger Nichtmetalle zur Luft näher dargelegt, d. h. eine Untersuchung der Luft gegeben, die aber in der logischen Gliederung der Arendtschen Darstellung nicht gleichkommt; es folgt das „Verhalten der Körper zu Schwefel, Jod und Brom". Im II. Abschnitt „Chemische Analyse" werden Reduktionsprozesse und der Begriff der chemischen Verwandtschaft behandelt; weiterhin wird die sogenannte Elektrolyse des Wassers sowie der Salzsäure und des Ammoniaks ausgeführt. Hieran schliefsen sich III. Kurzer Abrifs der Krystallographie, IV. Im Mineralreiche vorkommende Oxyde und Sulfide, V. Verbindungsgewichte, VI. Die Gasdichten der Körper, VII. Salze, VIII. Allotropie, IX. Atmosphärische Luft (Ergänzungen zum I. Abschnitt), X. Legierungen, XI. Einteilung der Elemente, XII. Atomistische Theorie, XIII. Atomistische Bedeutung der Formeln, und ein Anhang: Chemie der Kohlenstoffverbindungen. Fast jedem Abschnitt sind zahlreiche Fragen angefügt, durch welche der Unterrichtstoff weiter befestigt wird.

Von Einzelheiten seien bemerkt: Bei der ersten Erwähnung von Lackmus (S. 6) heifst es, „die Lösung, Natronlauge genannt, . . . färbt Lackmusfarbstoff blau"; da Lackmus ein blauer Farbstoff ist, und auch in der Anmerkung nicht davon die Rede ist, dafs dieser blaue Farbstoff durch Säure gerötet wird, so ist der Satz für den Schüler irreführend, ebenso der daran geknüpfte — zu frühzeitig aufgestellte — Begriff „basische Reaktion". Es führt überhaupt zu allerhand Unzuträglichkeiten, wenn die leichten Metalle Natrium und Kalium, für die in der Erfahrung des Schülers keinerlei Anknüpfung vorliegt, schon so früh in den Lehrgang hineingezogen werden. S. 17 steht „Schlemmen" statt Schlämmen. „Der Quarz findet sich im Mineralreiche als . . . . . Opal" (S. 94) ist ein mineralogisch unzulässiger Ausdruck. Der Satz (S. 39) „der Schwefelkies giebt beim Rösten . . . Schwefeloxyd und einen roten Körper, welcher, mit Kohle zusammengeschmolzen, Kohlenoxyd und Eisen liefert", ist recht ungenau — auch fehlt der Hinweis, dafs das Eisen technisch nicht aus Schwefelkies gewonnen wird. S. 115 steht „Levulose" statt Lävulose. Die chemisch-technische Seite des Leitfadens läfst zu wünschen; es ist z. B. der Prozefs der Eisengewinnung nicht näher ausgeführt. Ein Register fehlt. — Diese Ausstellungen sollen uns indessen nicht hindern, das Buch der Beachtung der Fachgenossen zu empfehlen.

2. Das „Experimentierbuch" desselben Verfassers ist in erster Linie für den Lehrer bei der Verwendung des obengenannten Leitfadens bestimmt. Man wird bei der Knappheit des Buches nicht

eine „Anleitung zum Experimentieren" oder dergl. vermuten, es enthält vielmehr hauptsächlich die nähere Beschreibung verschiedener im Leitfaden nur kurz angegebener Versuche, u. a. Versuche zur Untersuchung der Luft, Sublimation von Schwefel, Darstellung von Natrium- und Quecksilbersulfid, Elektrolyse von Salzsäure und Ammoniak, Synthese des Salmiaks, Verbrennung von Luft in Leuchtgas, sowie einige „physikalisch-chemische Erscheinungen". Es sind im ganzen etwa 30 Versuche behandelt, von denen einige bereits in dieser Ztschr. veröffentlicht wurden (z. B. *VI 137*, *196*, *254*). Lobend hervorzuheben sind der Versuch der Zersetzung des Wassers durch Natrium mittels kleinen eisernen Tiegels, und besonders die volumetrischen Elektrolysen erhitzter Flüssigkeiten (vgl. d. Ztschr. *VIII 365*); auch die Verwendung des Aräometers („Schwimmerwage") zum Nachweis subtiler Gewichtszunahmen ist als sehr zweckmäfsig zu bezeichnen, immerhin aber möchten wir für gewisse Fundamentalversuche die gewöhnliche Wage nicht dadurch verdrängt wissen. Der Versuch über die Gewichtszunahme bei der brennenden Kerze erscheint gegenüber dem üblichen nicht als ein Fortschritt, auch ist die Anwendung eines Sauerstoffstromes dabei nicht angebracht. Bei dem Verbrennen der „zinnhaltigen Bleifolie" (Vs. 1 u. 8) ist eine Angabe über die Bezugsquelle derselben wünschenswert. Zu S. 16 Fig. 19 sei bemerkt, dafs es nicht rationell ist, eine schwer schmelzbare, mit trockenem Material beschickte Glasröhre durch eine gewöhnliche Bunsenflamme zu erhitzen, vielmehr ist die Verwendung einer eisernen Rinne vorzuziehen. Bei einigen Versuchen wäre die Angabe der Quelle angebracht gewesen; so findet sich z. B. Vers. 9 S. 6 bei Arendt, ebenso Vers. 1 S. 28; Vers. 8 b S. 5 ist eine Abänderung des von Fr. C. G. Müller d. Ztschr. *I 256* angegebenen, Vers. 1 S. 34 desgleichen von Habermann, ds. Ztschr. *VI 257*. Da das Buch verschiedene wertvolle Versuchsanordnungen und mehrere originale Versuche enthält, sei es den Fachgenossen angelegentlich empfohlen.

O. Ohmann.

Programm-Abhandlungen.

Die Aristotelische Auffassung von dem Wesen und der Bewegung des Lichtes. Von Julian Ziaja. Kgl. König-Wilhelms-Gymnasium in Breslau, Ostern 1896, Pr. Nr. 182.

Der Verfasser, klassischer Philologe, bemerkt mit Recht, dafs die Lehre des Aristoteles vom Lichte in der einschlägigen Litteratur (namentlich auch bei Zeller) eine völlig richtige und klare Darstellung nicht erfahren habe. Den Grund dafür findet er darin, dafs einige Textstellen (de sensu 446b 27 ff. und de an. II. 7. 418b 20—26) von Commentatoren eingeschoben sein müssen. Nach Ausscheidung dieser Stellen ergiebt sich eine widerspruchsfreie Lehre vom Wesen des Lichtes. Der Verfasser glaubt nun allerdings diese Lehre in einer an die moderne Theorie anklingenden Form, wie folgt, aussprechen zu können: „Das Licht ist Bewegung des die Körper durchdringenden Äthers; an der Oberfläche der Körper erscheint es als Farbe." Wir können diesen Sinn nicht aus dem aristotelischen Text herauslesen. Dort heisst es: „Wasser und Luft sind nicht als solche durchsichtig (d. h. bei A. soviel wie leuchtfähig), sondern weil diesen beiden dieselbe Natur innewohnt, wie dem unsichtbaren oberen Körper" (d. h. dem Äther). Gemeint ist hier, gemäfs einer allgemeinen, der alten Physik eigentümlichen Anschauung, nicht dafs der Ather als Stoff im Wasser und in der Luft enthalten sei (wie der Verf. will), sondern dafs dem Wasser und der Luft in Bezug auf das Licht eine gleiche Eigenschaft wie dem Äther, eben die Leuchtfähigkeit, zukommt. Auch dafs die „Entelechie" des Leuchtfähigen als eine Bewegung des Mediums im heutigen Sinne zu verstehen sei, dürfte nur in den Text hinein interpretiert sein. Denn aus dem Satze „die Bewegung ist die Entelechie des Bewegten" folgt nur durch einen logischen Fehlschlufs, dafs jede Entelechie Bewegung sei. Die Art des Vorganges, der sich durch das Medium fortpflanzt, bleibt vielmehr bei Aristoteles noch völlig unbestimmt, man vergl. auch die Übersetzung der Schrift über die Seele von J. H. v. Kirchmann, S. 92.

Als zweites Ergebnis stellt der Verfasser den Satz auf: „Das Licht bewegt sich in gradlinigen Strahlen fort, und diese Bewegung vollzieht sich, wie jede andere, nicht auf einmal, sondern in einer gewissen Zeit". Dieser Satz entspricht, nach Ausmerzung der oben bezeichneten Stellen, völlig dem aristotelischen Text. Der Physiker wird indessen dem für die zeitliche Fortpflanzung geführten apriorischen Beweise kein allzu grofses Gewicht beilegen, zumal ein nicht minder scharfsinniger Denker als Aristoteles, nämlich Descartes, mit dialektischen Gründen anderer Art das direkte Gegenteil beweisen zu können geglaubt hat. In dieser Frage hat erst das Experiment die Entscheidung gegeben. *P.*

Die Prinzipien der Erkenntnis in der Physik und Chemie. Von Prof. Paul Gerber. Städt. Realgymn. zu Stargard in Pommern. Ostern 1897.

In dieser sehr lesenswerten Abhandlung beschäftigt sich der Verfasser hauptsächlich mit der Frage, welche Bedeutung die Mechanik für die Erklärung der Gesamtheit physikalischer und chemischer Erscheinungen besitzt. Er findet die fundamentale Stellung der Mechanik dadurch gerechtfertigt, dafs

Raum- und Zeitbeziehungen, die den Gegenstand der eigentlichen Mechanik bilden, überhaupt in allen physikalisch-chemischen Vorgängen enthalten sind. Den bedeutsamsten Umschwung der Mechanik nach Newton führt er auf Rob. Mayer zurück, der von den Fernkräften völlig absah, das Wort Kraft für einen neuen Begriff, für das, was jetzt Energie heifst, in Anspruch nahm und insbesondere in reiner Raumbeziehung den Quell erkannte, aus dem beim Fall die lebendige Kraft stammt. Ein weiterer Fortschritt in der Ausgestaltung der Mechanik sei durch Hertz bewirkt worden, auf dessen neue Grundlegung der Mechanik der Verf. ausführlich eingeht; in dem Grundgesetz der Hertzschen Mechanik erblickt er eine Vereinigung des Beharrungsgesetzes mit dem Prinzip des kleinsten Zwanges, die noch nicht als einfachste und endgültige Lösung des hier vorliegenden Problems angesehen werden könne. Im Zusammenhange mit diesen Überlegungen stellt er auch fest, dafs es unzulässig sei, neben Raum und Zeit den Begriff der Energie als Grundbegriff einzuführen; dieser sei vielmehr eine der blassesten Abstraktionen, die denkbar sind, und trete immer nur als abgeleiteter, nie als ursprünglicher Begriff auf. Als Grundbegriffe der Mechanik seien vielmehr wie bei Hertz, nur Raum, Zeit und Masse festzuhalten; der Begriff der Kraft sei einer Revision bedürftig, die in der von Hertz angedeuteten Richtung stattzufinden habe, nämlich durch Einführung des Begriffs des festen von der Zeit nicht bedingten Zusammenhangs zwischen den Punkten eines Massensystems. — In Bezug auf die anfangs angedeutete Frage macht er geltend, dafs es zweierlei sei, ob man einen Vorgang in der Natur als an sich mechanisch ansehe, oder ihn aus mechanischen Gesetzen begründe. Gegenüber der verbreiteten Vorstellung, dafs Wärme und Bewegung identisch seien, fordert er daher eine schärfere Begriffsfassung und beruft sich auf den Ausspruch Mayers, dafs die Wärme ja erst verschwinden müsse, damit Bewegung entstehe. Unter Zurückführung auf die Mechanik kann vielmehr ganz allgemein nur die Darstellung dessen verstanden sein, was in einer Erscheinung an räumlich-zeitlichen Beziehungen enthalten sei. Der Einklang, der in dieser Hinsicht zwischen der Mechanik und den übrigen Gebieten der Physik bestehe, wurzele darin, dafs in allen die Art der Gesetzmäfsigkeit die gleiche sei. Als ein Beispiel ist namentlich die Übereinstimmung bemerkenswert, die zwischen den Lichterscheinungen und der Wellenbewegung besteht. Die neuerdings viel angewandte Methode der mechanischen Analogie sei mit einer solchen „mechanischen Begründung" nicht identisch; man dürfe mit dem Bilde keinen Mifsbrauch treiben und müsse vielmehr, wo man eine Analogie zu Hülfe nimmt, sie hinterher jedesmal wieder auf ihren Kern, auf das, was nicht blofse Analogie sei, zurückführen. In der Chemie sei die Einführung der Atome chemischer Elemente nicht blofs eine Hypothese, sondern obenein eine solche, die sich weder begrifflich noch anschaulich hinreichend deutlich machen lasse. In einem Schlufsabschnitt giebt der Verf. noch „mechanische und aufsermechanische Ausblicke", auf die wir nur verweisen können; hervorgehoben sei, dafs er in dem Begriff des cyklischen Vorgangs ein wertvolles Hülfsmittel für die Zurückführung aufsermechanischer Erscheinungen auf Mechanik erkennt, und dafs er einen Ausgleich zwischen den Vertretern und den Gegnern der Bewegungsphysik für möglich hält. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften.

6. Hauptversammlung zu Danzig vom 7.—9. Juni 1897.

Die Versammlung fand in den Räumen des Kgl. Gymnasiums zu Danzig statt und war zumeist aus dem mittleren und westlichen Deutschland besucht, während der Besuch aus den östlichen Landesteilen nicht ganz der Erwartung entsprach. In der Eröffnungsrede begrüfste Herr G.-R. Dr. Kruse als Vertreter des Kgl. Prov.-Schulkollegiums die Versammlung unter Hinweis auf historische Erinnerungen und auf das friedliche Zusammenwirken der Vertreter verschiedener Schularten. Ihm folgte Herr Oberbürgermeister Delbrück mit Worten der Anerkennung für den Wert der Naturwissenschaft, Herr Gymnasialdirektor Dr. Kretschmann mit Berufung auf das Blühen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts am Danziger Gymnasium. In der Antwortrede des Vorsitzenden, Direktors Hamdorff, wurde auch der verstorbenen Mitglieder, insbesondere Harms und Lieber, gedacht.

In der 1. Sitzung gab Prof. Bail (Danzig) eine „Erklärung der Mittel Danzigs und seiner Umgebung zur Förderung des Unterrichts in der Naturbeschreibung", danach sprach Herr Schülke (Osterode) über „Beiträge zur Reform in der Arithmetik". In der Diskussion befürwortete Herr Rösler (Osnabrück) einige Änderungen in der Behandlung der Proportionslehre. Herr Lakowitz (Danzig) hielt einen Demonstrationsvortrag über „Schüler-Handarbeiten im Anschlusse an den Unterricht in der Physik", Herr Momber (Danzig) führte eine grofse Anzahl neuerer Apparate, besonders

aus der Elektrizitätslehre, vor. Einige von Poske (Berlin) eingesandte Thesen über physikalische Schülerübungen wurden in folgender, etwas veränderter Form einstimmig angenommen: 1. Es ist wünschenswert, für die wahlfreien physikalischen Übungen der Schüler auf allen Anstalten von Beginn des physikalischen Unterrichts an zwei wöchentliche Stunden anzusetzen. 2. Dem Lehrer, der diese Stunden erteilt, sind sie auf seine Pflichtstundenzahl anzurechnen. 3. Es ist notwendig, bei Beschaffung von Lehrmitteln für den physikalischen Unterricht darauf Bedacht zu nehmen, dafs auch für den oben erwähnten Zweck geeignete Lehrmittel angeschafft werden. 4. Bei Verwendung der im preufsischen Etat für die Zwecke des physikalischen Unterrichts ausgeworfenen aufserordentlichen Zuwendung von 50000 Mark ist dies Bedürfnis zu berücksichtigen. 5. In den aufserpreufsischen deutschen Staaten sind ähnliche Einrichtungen zu erstreben und zu unterstützen.

In der 2. Sitzung am 8. Juni vormittags sprach Herr Dobriner (Frankfurt a. M.) über „Flächenvergleichung und Ähnlichkeitslehre im Schulunterricht“, darauf Herr Schwalbe (Berlin) über die „Nomenklatur in der Physik“. Herr v. Bockelmann (Danzig) führte in einem Vortrage aus, wie der erdkundliche und naturwissenschaftliche Unterricht zur Erwerbung eines lebhaften Interesses der Jugend für die Beziehungen Deutschlands zum Auslande und für das Deutschtum daselbst fruchtbar gemacht werden könne.

Aus dem dann vom Vorsitzenden Herrn Pietzker an stelle des am Erscheinen verhinderten Herrn Prefsler erstatteten Jahresbericht sei hervorgehoben, dafs der Verein bei Beginn der Danziger Versammlung 584 Mitglieder zählte; seither ist die Zahl bereits auf mehr als 600 angewachsen. Als Ort der nächsten Versammlung wurde Leipzig gewählt. In bezug auf das Verhältnis des Vereins zur Naturforscherversammlung wurden folgende von Herrn Schwalbe aufgestellte Thesen einstimmig angenommen: 1. Die Versammlung richtet an die Abteilung XIX (math. u. naturw. Unterricht) der Naturforscherversammlung das Ersuchen, Sorge zu tragen, dafs die Abteilung auch nach 1898 bestehen bleibe. 2. Die Versammlung hält die Aufrechterhaltung der Verbindung mit den Hochschulen und den Fachkreisen im Interesse der Förderung des realistischen Unterrichts für notwendig. 3. Ein von der Versammlung zu wählendes Vereinsmitglied wird delegiert, um den Sitzungen der Abteilung XIX der Naturforscherversammlung beizuwohnen und über diese Versammlung überhaupt in den Unterrichtsblättern zu berichten.

In der letzten Sitzung am 8. Juni Nachmittags besprach Herr Bail eine Reihe von ihm vorgelegter Sammlungsgegenstände und Herr Schülke machte Bemerkungen zum zoologischen, namentlich entomologischen Unterricht, die er durch interessante Präparate erläuterte.

An die Versammlung schlossen sich Besuche der Umgebung Danzigs, insbesondere auch von Zoppot, den Schlufs bildete eine Weichselfahrt auf einem von S. Excellenz v. Gofsler zur Verfügung gestellten Regierungsdampfer nebst Besichtigung der Schleusenanlagen bei Siedlersfähre und des Weichseldurchstichs. Den Schlufs der Veranstaltungen bildete die Besichtigung der Marienburg.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 15. Februar 1897. Herr P. Spies hielt einen Vortrag über Lindes Verfahren zur Verflüssigung der Luft. Er erläuterte an einer Tabelle (Riecke, Experimentalphysik II 446) die kritischen Temperaturen und Drucke und die Siedepunkte der hier in Frage kommenden Stoffe, besprach die Verfahren von Pictet und Cailletet zur Verflüssigung der Gase und Erzeugung tiefer Temperaturen und setzte dann ausführlich das Verfahren von Linde zur Verflüssigung der Luft auseinander, wobei er dessen Gegenstromapparat eingehend behandelte. Er besprach die Aufbewahrungsflaschen für flüssige Luft und das Verhältnis, in dem Sauerstoff und Stickstoff in der erhaltenen Flüssigkeit enthalten sind (ungefähr 2 O : 1 N). Er erläuterte die Messung tiefer Temperaturen mit dem Constantan-Eisen-Element und zeigte ein Volt- und Ampèremeter von Keiser & Schmidt, das für Projektion eingerichtet ist. (Vergl. auch d. Heft S. 252.)

Sitzung am 6. März 1897. Herr Fr. C. G. Müller aus Brandenburg a. d. Havel zeigte und erklärte sein Wagegalvanometer und seinen Trommelwiderstand (d. Zeitschr. *X 5*). Er bestimmte damit auf drei verschiedenen Wegen die elektromotorischen Kräfte eines Daniell und eines Boeseschen Sammlers, aufserdem den Widerstand von Kupfer und Eisen.

Sitzung am 15. März 1897. Herr E. Ernecke führte mit dem Hochspannungsapparat von Elster und Geitel eine Reihe von Versuchen mit Wechselströmen hoher Wechselzahl und Spannung aus. Vgl. diese Zeitschr. *IX 139 u. X 57.* Er durchleuchtete dann mit einer Röntgenlampe und einem Baryumplatincyanürschirm Kopf, Rumpf und Gliedmafsen eines Menschen und machte dabei die Thätigkeit der inneren Organe sichtbar. Er zeigte, wie man mit Glycerin eine „harte“ Röntgenlampe

weicher machen kann, und wie die X-Strahlen auf elektrische Entladungen einwirken. Er führte Versuche aus, aus denen sich zu ergeben schien, dafs die Röntgenstrahlen von Holz, Eisen u. s. w. diffus zurückgeworfen werden. — Herr P. Spies zeigte die Leidenfrostsche Erscheinung, indem er flüssige Luft auf eine Metallfläche brachte. Er tauchte ein Stück Kautschukschlauch in flüssige Luft; es wurde so spröde, dafs er es mit einem Hammer in Stücke zerschlagen konnte. Er tauchte einen glimmenden Spahn in flüssige Luft; das Holz verbrannte in hellen Flammen. Er brachte mittels der flüssigen Luft Äther und Cognac zum Gefrieren. Er zeigte die Phosphorescenz von Körpern (besonders Watte), die mit flüssiger Luft abgekühlt worden waren.

Sitzung am 3. Mai 1897. Herr O. Ohmann legte einen Diamantbohrer aus der Königlichen Bohrschmiede zu Schönebeck sowie verschiedene Bohrkerne vor und schilderte nach Tecklenburgs Handbuch der Tiefbohrkunde die Einrichtungen und den Betrieb der Tiefbohrungen. Er beschrieb besonders ausführlich die von Bergrat Köbrich geleitete Tiefbohrung Paruschowitz 5 bei Rybnik in Oberschlesien, wo die gröfste Tiefe, 2003,34 m, erreicht wurde, und gab eine Übersicht über die dabei angestellten Messungen der Erdtemperaturen. — Herr R. Heyne legte zwei Nobertsche Gitter vor, die ehemals Prof. Schellbach gehört hatten.

Sitzung am 17. Mai 1897. Herr B. Schwalbe erstattete einen kurzen Bericht über den Frankfurter Ferienkursus. Er gab einen Überblick über die Vorträge, Übungen und Besichtigungen und hebt dabei als neu und bezeichnend die elektrotechnischen Übungen und die Vorträge Rosenbergers über die Geschichte der Elektrizitätslehre hervor. Er verglich die verschiedenen Ausgestaltungen der Ferienkurse zu Berlin, Frankfurt und Göttingen. — Derselbe sprach dann über Freihandversuche (vgl. d. Zeitschr. *X 186*) und machte auf einige hierfür wichtige Bücher (Carry, Experimentalphysik; Tromholt, Schnurrpfeifereien, Columbuseier) aufmerksam. — Derselbe legte vor: verschiedene Anschauungstafeln, Schichtenmodelle für Heifsluft- und Petroleummotoren, ein Poroskop nach Christiani, einen elektrischen Schmelzofen für Versuchszwecke, eine amerikanische Korkpresse, eine Gasnatriumlampe, einen Halbschattenapparat mit Diaphragma-Polarisator, Bechergläser aus Jenaer Geräteglas, Drahtgewebe von Eisen mit Asbest beflochten, Drahtnetze von Eisen mit Asbestdecke, eine Eismaschine, bei der die Kälte durch Lösung von salpetersaurem Ammoniak erzeugt wird, einen Abdampfapparat mit elektrischer Heizvorrichtung. Sämtliche Apparate waren von Warmbrunn, Quilitz u. Co. — Derselbe zeigte die Überschmelzung von reinem russischen Anisöl und die Zunahme der Schwungkraft mit der Entfernung von der Achse mittels Wachslichtern, die auf einer sich drehenden Scheibe befestigt waren.

Sitzung am 31. Mai 1897. Herr H. Rubens hielt einen Vortrag über elektrische Wellen, der in diesem Heft der Zeitschrift (S. 239) veröffentlicht ist.

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts in Wien.

Sitzung am 19. Dezember 1896. Herr M. Glöser zeigte Foucaults Pendelversuch in der von Adolph angegebenen Anordnung (d. Zeitschr. *VIII 312*). — Herr Huber führte einen Apparat zur Demonstration des Gay-Lussacschen Gesetzes vor. Derselbe zeigte einen Quecksilberreinigungsapparat nach dem Prinzip des in der Sitzung am 28. November von Steflitschek beschriebenen, aber von noch besserer Wirkung bei billigerer Herstellung.

Sitzung am 16. Januar 1897. Herr V. v. Lang führte eine Reihe von Versuchen über Wechselströme vor. Insbesondere wurde der Einflufs der Selbstinduktion bei Wechselströmen erläutert; das Zusammenwirken der periodisch veränderlichen elektromotorischen Kraft der Stromquelle mit der ebenso veränderlichen Kraft der Selbstinduktion wurde mit der Wirkung zweier elastischer Kräfte (Spiralfedern) auf eine Kugel verglichen. Daran schlossen sich Versuche über die Wirkung der Transformatoren, über Anziehung und Abstofsung von Drahtringen, über die Erscheinungen im magnetischen Drehfeld.

Sitzung am 27. Februar 1897. Herr M. Bamberger hielt einen Vortrag über Argon und Helium, und zeigte dabei einen Apparat zur Bestimmung des Argongehalts der Gase einer Quelle (Perchtoldsdorfer Quelle) vor, sowie die prächtigen Lichterscheinungen, die in mit Argon gefüllten Vacuumröhren auftreten. — Derselbe führte die Gewinnung des Acetylens aus Calciumcarbid und dessen Leuchtkraft an einem Teclubrenner vor. — Herr Woytaček demonstrierte eine selbstthätige Quecksilberluftpumpe.

Berichtigung. In dem Bericht über die Sitzung am 28. November 1896 (Heft II, S. 117) ist zu lesen: Ferienkurs in Jena 1896.

Himmelserscheinungen im October und November 1897.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	October						November						
Monatstag	2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26	
Heliocentrische Längen.	55°	86	117	144	167	188	205	221	236	250	263	277	☿
	109	117	125	133	141	149	157	165	174	182	190	198	♀
	10	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	♁
	214	217	219	222	224	227	229	232	234	237	240	242	♂
	172	173	173	173	174	174	174	175	175	176	176	176	♃
	242	242	242	242	242	242	243	243	243	243	243	243	♄
Aufst. Knoten.	303	302	302	302	302	301	301	301	300	300	300	300	☾
Mittl. Länge.	265	331	37	103	169	235	301	6	72	138	204	270	☾
Geocentrische Rektascensionen.	269	338	85	100	162	232	310	9	70	134	195	274	☾
	174	177	183	190	198	205	213	221	229	237	245	253	☿
	159	165	171	176	182	188	193	199	205	211	216	223	♀
	189	193	198	203	207	212	217	222	227	232	237	243	☉
	203	206	209	213	216	219	223	226	230	234	237	241	♂
	176	177	178	179	180	180	181	182	183	184	185	185	♃
	236	236	237	237	238	238	239	239	240	241	241	242	♄
Geocentrische Deklinationen.	−26	−6	+19	+25	+4	−24	−18	+9	+26	+16	−12	−25	☾
	+3	+3	+1	−2	−6	−9	−12	−16	−18	−21	−23	−24	☿
	+10	+8	+6	+3	+1	−2	−4	−6	−9	−11	−18	−15	♀
	−4	−6	−8	−9	−11	−13	−15	−16	−18	−19	−20	−21	☉
	−9	−11	−12	−13	−14	−15	−16	−17	−18	−19	−20	−21	♂
	+3	+3	+2	+2	+1	+1	+1	+0	−0	−0	−1	−1	♃
	−18	−18	−18	−18	−18	−18	−19	−19	−19	−19	−19	−19	♄
Aufgang.	18^{h}6^m	18.15	18.24	18.33	18.42	18.51	19.1	19.10	19.19	19.28	19.37	19.45	☉
	2^{h}0^m	4.3	5.13	8.47	15.13	22.40	1.38	2.48	4.49	10.14	17.3	23.11	☾
Untergang.	5^{h}33^m	5.21	5.10	4.59	4.48	4.38	4.28	4.19	4.10	4.3	3.57	3.51	☉
	8^{h}54^m	15.36	21.45	1.24	3.5	4.48	10.49	17.7	22.39	0.39	1.58	5.36	☾
Zeitglchg.	−10^{m}45^s	−12.14	−13.33	−14.39	−15.30	−16.3	−16.18	−16.13	−15.48	−15.1	−13.53	−12.24	☉

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

October	2	18^h	32^m	Erstes Viertel
	10	5	42	Vollmond
	14	11		Mond in Erdferne
	18	10	9	Letztes Viertel
	25	12	28	Neumond
	26	16		Mond in Erdnähe
November	1	3^h	37^m	Erstes Viertel
	8	22	50	Vollmond
	10	23		Mond in Erdferne
	17	3	2	Letztes Viertel
	23	22	20	Neumond
	24	4		Mond in Erdnähe
	30	16	14	Erstes Viertel.

			☿	♀	♂	♃	♄
Aufgang der Planeten.	Oct.	16	17^h 0^m	15.37	19.31	15.57	21.40
	Nov.	15	19. 55	17.12	19.35	14.30	20.2
Untergang der Planeten.	Oct.	16	4. 50	4.23	5.22	4.29	6.30
	Nov.	15	4. 10	3.27	4.8	2.40	4.41

Constellationen. October 5 8^h ☿ in Sonnennähe; 5 21^h ☿ ☌ ♃, ☿ 0° 12′ nördlicher; 7 14^h ☿ in gröfster westlicher Ausweichung; 15 7^h ♀ in Sonnennähe; 19 10^h ♀ ☌ ♃, ♀ 0° 28′ nördlicher; 23 10^h ♃ ☌ ☾; 23 17^h ♀ ☌ ☾; 25 2^h ☿ ☌ ☾; 26 4^h ♂ ☌ ☾; 27 10^h ♄ ☌ ☾. — November 7 18^h ☿ obere ☌ ☉, wird Abendstern; 12 8^h ☿ ☌ ♂, ☿ 0° 21′ südlicher; 18 7^h ☿ in Sonnenferne; 18 13^h ☿ ☌ ♄; 20 5^h ♃ ☌ ☾; 21 1^h ♂ ☌ ☉; 22 15^h ♀ ☌ ☾; 23 22^h ♂ ☌ ☾; 24 1^h ♄ ☌ ☾; 24 14^h ☿ ☌ ☾; 24 20^h ♄ ☌ ☉; 27 7^h ♂ ☌ ♄.

Jupitermonde. Im October sind noch keine Finsternisse zu beobachten. — November: I. 5 16^h 39^m E; 28 16^h 48^m E. — II. 24 17^h 5^m E. — III. 25 16^h 56^m M, h. D. 1^h 27^m.

Veränderliche Sterne. 1. Algols-Minima treten ein: October 3 10^h 38^m, 6 7^h 27^m, 20 15^h 32^m, 23 12^h 21^m, 26 9^h 9^m; Nov. 9 17^h 14^m, 12 14^h 3^m, 15 10^h 52^m, 18 7^h 41^m. 2. *Mira Ceti* wird immer besser sichtbar. 3. Die zunehmende Länge der Nächte gestattet von den einzelnen helleren Veränderlichen, zumal von den circumpolaren, mehrere Beobachtungen in einer Nacht zu machen.

Meteore. October-Schwarm (18—24) durch Abwesenheit des Mondlichtes begünstigt. Die Leoniden, Nov. 11—13, sind dagegen des Mondlichtes halber nicht gut sichtbar.

J. Plafsmann, Warendorf.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

X. Jahrgang. Sechstes Heft. November 1897.

Der Physikunterricht an den höheren Schulen der Vereinigten Staaten.

Von

F. Poske.

1. In einem Aufsatze, der vor Jahresfrist in der New-Yorker *Educational Review* erschien, hat ein amerikanischer Schulmann, Dr. Edward J. Goodwin, ein ungünstiges Urteil über den naturwissenschaftlichen Unterricht auf preufsischen Schulen abgegeben, und demgegenüber das amerikanische Unterrichtsverfahren als Muster aufgestellt (vgl. den Bericht im laufenden Jahrgang dieser Zeitschrift *S. 161*). Es erwächst uns daraus die Verpflichtung, die Eigentümlichkeiten jenes Verfahrens genauer ins Auge zu fassen, und sofern es gerechtfertigt scheint, eine dementsprechende Umgestaltung unseres eignen Unterrichtsbetriebes anzustreben.

Eine unseren „Lehrplänen" vergleichbare Normierung hat der Unterricht an den höheren Schulen der Vereinigten Staaten durch die Beschlüsse des Zehnerausschusses erhalten, den die *National Educational Association* im Jahre 1892 eingesetzt hat. In neun Kommissionen, die von je zehn Mitgliedern aus Schul- und Universitätskreisen gebildet waren, wurden die verschiedenen Unterrichtsgegenstände erörtert und die Ergebnisse der Beratungen in dem *Report of the Comittee on secondary school studies (Washington 1893)* veröffentlicht. Dieser in vieler Hinsicht ausgezeichnete Bericht liefert auch den besten Anhalt für die Beurteilung der Unterrichtsverhältnisse, zumal er an einzelnen Stellen nicht verschweigt, wie weit die thatsächlichen Zustände noch von den in Vorschlag gebrachten entfernt sind.

Vorausgeschickt seien einige Angaben über das amerikanische Schulwesen im allgemeinen. Dort entsprechen die *common schools*, die für Schüler vom 7. bis 14. Lebensjahr bestimmt sind, völlig unserer Volksschule. An sie schliefsen sich als eine Art von „Oberbau" die *high schools* (auch *secondary schools* genannt) mit vierjährigem Lehrgang, also für das 15. bis 18. Lebensjahr an; diese entsprechen daher keineswegs unseren höheren Lehranstalten mit neunjährigem Lehrgang, sondern eher den sechsstufigen Realschulen, doch umfassen die *high schools* nicht nur realistische, sondern auch altklassische und neusprachliche Kurse. Demgemäfs stehen die amerikanischen Schüler nach Absolvierung der *high schools* um mehr als zwei Jahre gegen die Abiturienten unserer neunstufigen Anstalten zurück und müssen, wenn sie sich einem Studium zuwenden, das Fehlende auf der Hochschule (*college* oder *university*) nachholen. Auch ist wohl zu beachten, dafs diese Schulen keineswegs den Zweck verfolgen, Knaben (und Mädchen) für die Universität oder die höheren Fachschulen vorzubereiten, sie wollen zwar eine höhere Bildung gewähren, aber doch nur eine solche, die für das praktische Leben dienlich ist; diese Vorbildung mufs dann auch den wenigen, die sich den Studien zuwenden wollen, genügen.

Ein hierauf bezüglicher Beschlufs ist von dem erwähnten Zehnerausschufs wie von sämtlichen Unterkommissionen mit Einstimmigkeit gefafst worden, dahin lautend,

dafs der Unterricht in einem Gegenstande für alle Schüler derselbe sein soll, gleichviel ob sie sich später einem höheren Studium widmen oder nicht. Damit ist der Gedanke der Vorbildung für bestimmte Fächer mit überraschender Bestimmtheit abgewiesen, während andererseits eine Verschiedenheit in der Art der allgemeinen Bildung durch die nebeneinander bestehenden Kurse der *high schools* zugelassen wird.

Für den Unterricht an den *high schools* hat der Bericht vier Pläne aufgestellt, in denen teils die sprachliche, teils die realistische Seite vorwiegt; der erste Plan enthält neben Latein und Griechisch nur eine neuere Sprache (Französisch oder Deutsch nach Wahl), der zweite neben Latein nur eine neuere Sprache, der dritte beide neueren Sprachen ohne Latein, der vierte nur eine fremde Sprache (Latein oder Französisch oder Deutsch). Die Kurse sind im übrigen so ähnlich, dafs leicht alle vier gleichzeitig an einer Anstalt bestehen können, wie es auch der Regel nach der Fall ist. Ihnen allen gemeinsam ist der Unterricht in Englisch, Geschichte, Physischer Geographie, Mathematik, Physik und Chemie.

Insbesondere fallen der Physik in allen Plänen 3 wöchentliche Stunden während des zweiten Schuljahres, und der Chemie gleichfalls 3 wöchentliche Stunden während des vierten Schuljahres zu. In allen Kursen, aufser dem altklassischen, treten hierzu noch 3 Stunden Botanik oder Zoologie im zweiten Jahr, 3 Stunden Astronomie, Meteorologie im dritten, 3 Stunden Geologie, Anatomie, Physiologie, Hygiene im vierten Jahr. Hierbei ist zu beachten, dafs die Gesamtzahl der wissenschaftlichen Stunden nur 20 in der Woche beträgt. Auch weichen die Lehrpläne der einzelnen Anstalten oft nicht unerheblich von den Aufstellungen des Zehnerausschusses ab; so sind in Denver (*Colorado*) dem ersten Schuljahr 4 Stunden Zoologie und Botanik, dem zweiten 5 Stunden Physik in allen Kursen zugewiesen; dazu kommen im dritten Schuljahr des Realkursus 5 Stunden Chemie, im vierten 4 Stunden Geologie, Astronomie, Botanik, während in den altsprachlichen Kursen diese Unterrichtsfächer in den beiden letzten Schuljahren gänzlich fehlen.

2. Wir wenden uns nun zu dem Spezialbericht der Kommission für Physik, Chemie und Astronomie, deren Vorsitzender der bekannte Chemiker Ira Remsen, Professor an der Johns Hopkins University, war. Dieser Bericht weicht von den Lehrplänen des Gesamtausschusses insofern ab, als er die Physik auf das letzte Jahr des Kursus verlegt, da möglichst gute mathematische Vorkenntnisse für erforderlich erachtet werden, wenn der physikalische Unterricht zu befriedigenden Resultaten führen solle.

Die Chemie dagegen wird auf das vorhergehende Schuljahr verwiesen und für jeden der beiden Gegenstände wenigstens 200 Lehrstunden (d. i. wöchentlich 5) gefordert. Diesem Umfange entspricht der oben erwähnte Plan von Denver. Was endlich die Astronomie betrifft, so verlangt der Bericht, dafs sie als wahlfreier Gegenstand während 12 Wochen eines Schuljahres 5stündig zu behandeln sei, und dafs der Unterricht sowohl in Beobachtungen als in Klassenunterweisung zu bestehen habe.

Unter den 22 Thesen, über die sich die Kommission geeinigt hat, ist die wichtigste diese: „*Physik und Chemie sind auf den Sekundärschulen in einer Verbindung von Laboratoriumsarbeit, Textbuch und gründlicher didaktischer Unterweisung zu lehren, und zwar ist eine Hälfte der verfügbaren Zeit auf die Laboratoriumsarbeit zu verwenden.*“ In den Erläuterungen wird bemerkt, die Kommission sei überzeugt, dafs die gewöhnliche Methode (*ordinary method*) des Sekundärunterrichts, bei der das Studium der Natur völlig aufser Acht gelassen werde, höchst verwerflich sei. (Hieraus ist ersichtlich, dafs die Pflege des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf den Sekundärschulen bis vor kurzem noch

manches zu wünschen übrig gelassen haben mufs.) Es wird ferner ausgeführt, das Studium eines Textbuches der Chemie oder der Physik ohne Laboratoriumsarbeit könne keine genügende Kenntnis von diesen Gegenständen geben und keine wissenschaftliche Ausbildung gewähren; ein solches Studium habe, wenn überhaupt, nur geringen Nutzen. Andererseits könne auch das blofse Ausführen von Experimenten im Laboratorium, wie vortrefflich dies auch ausgestattet sein möge, nicht das Erwünschte leisten. Endlich könne ein Schüler im Laboratorium gewissenhaft arbeiten, sein Textbuch gründlich studieren und doch eine sehr mangelhafte Ausbildung empfangen. Er brauche einen intelligenten Lehrer, der ihn im Verstehen der Angaben des Textbuches wie der beobachteten Erscheinungen unterstütze und ihm überdies zeige, wie er zu arbeiten habe. Leichtfertiges Arbeiten im Laboratorium sei ebenso schädlich wie leichtfertiges Arbeiten in der Klasse, und viele Laboratoriumsarbeit in Schulen sowohl wie in *Colleges* sei von dieser Art. Die grofse Mehrzahl der Schüler arbeite zweifellos schlecht, wenn sie nicht sorgfältig angeleitet werde. Gründliches Fragen von seiten des Lehrers im Laboratorium selbst könne eine Übung wertvoll machen, die ohne dies positiv schädlich sei. Der Mangel an solcher Mitwirkung des Lehrers sei einer der Gründe, aus denen naturwissenschaftliche Kurse oft ohne befriedigende Resultate blieben.

Ein anderes wichtiges Mittel zur Erzielung eines erfolgreichen Laboratoriumsbetriebes seien Berichte (*records*), die der Schüler während der Versuche über diese aufzuzeichnen habe. Aber ohne beständige Überwachung entarte diese Einrichtung und werde vielmehr schädlich als nützlich. Es seien hier meistens drei Gefahren zu befürchten: 1. Der Schüler ist, gleichviel was er wirklich sieht, geneigt, nicht seine eignen Beobachtungen zu berichten, sondern Angaben, die er in seinem Textbuch gefunden hat, zu umschreiben. 2. Wenn die beobachteten Thatsachen zu einer Schlufsfolgerung führen, so ist der Zusammenhang zwischen Thatsachen und Folgerung nicht logisch klargestellt. 3. Bericht und Raisonnement sind in schlechtem Englisch abgefafst. Die Aufgabe des Lehrers sei es, für diese Gefahren ein wachsames Auge zu haben, dann würden die Berichte die Unterlage für höchst lehrreiche Erörterungen zwischen Lehrer und Schüler bilden. Es wird zugegeben, dafs diese Art der Unterweisung viel mehr Zeit erfordere, als im allgemeinen zur Verfügung stehe. Guten Unterricht in diesen Wissenschaften zu erteilen, fordere überdies von dem Lehrer mehr Arbeit als in der Mathematik und in den Sprachen, da viel Zeit darauf verwendet werden müsse, Lehrmittel zu beschaffen, Versuche vorzubereiten und die Sammlungen in Ordnung zu halten. Je eher diese Thatsache von den Schulverwaltungen anerkannt werde, und in der Stundenzuteilung wie in der Besoldung ihren Ausdruck finde, desto besser sei es für alle Beteiligten.

3. Über die Art der Arbeiten, die im Laboratorium auszuführen sind, findet sich unter den Beschlüssen der Kommission nur die These, dafs die physikalischen Arbeiten zu einem beträchtlichen Teil quantitativ sein sollen. Eine Auswahl von Versuchen ist von einer Unterkommission von zwei Mitgliedern (J. W. Fay und G. W. Krall) zusammengestellt und dem Bericht beigefügt worden, nachdem sie die Billigung der Gesamtkommission erfahren hat. Es soll damit aber keine Vorschrift, sondern nur ein Vorschlag gemacht sein. Nachstehend sind die empfohlenen Versuche vollständig wiedergegeben.

Physikalische Versuche.

Allgemeine Eigenschaften der Materie: 1. Volumen, Gewicht und Dichtigkeit mehrerer fester Körper, wie Holz, Eisen Stein u. s. w. zu bestimmen. — 2. Aus dem Gewicht eines Draht-

stückes von gegebener Länge zu berechnen, wie lang eine Rolle feinen Drahtes ist, wenn deren Gewicht ermittelt ist. — 3. Den Rauminhalt einer Flasche dadurch zu bestimmen, dafs man sie ohne und mit Wasser, oder mit Quecksilber, wiegt. — 4. Die Zugelasticität von Kautschuk oder Messingdraht zu untersuchen und zu prüfen, ob die Resultate mit den Gesetzen übereinstimmen. — 5. Die Biegungselasticität von Holz in Bezug auf Länge, Breite und Dicke zu bestimmen und die Resultate mit den Gesetzen zu vergleichen. — 6. Die Coordinaten einer gegebenen, auf Coordinatenpapier gezeichneten Kurve zu finden, und eine Kurve aus gegebenen Coordinaten zu construieren.

Mechanik der Flüssigkeiten: 1. Druck von Flüssigkeiten in Bezug auf Richtung und Tiefe. — 2. Zusammendrückbarkeit der Luft. Verifikation von Mariottes Gesetz. — 3. Bestimmung des Auftriebs einer Flüssigkeit durch Wägung in Wasser, und Wägung des verdrängten Wassers. — 4. Beziehung des Volumens eines regelmäfsig gestalteten, festen Körpers zu seinem Gewichtsverlust in Wasser. — 5. Bestimmung der relativen Dichtigkeit einer Reihe von Stoffen, die schwerer als Wasser sind. — 6. Die relative Dichtigkeit eines Stoffes, der leichter als Wasser ist, mittels eines Aräometers zu ermitteln. — 7. Die relative Dichtigkeit von Holz durch das Schwimmen zu bestimmen. — 8. Die relative Dichtigkeit einer Flüssigkeit auf drei Arten zu bestimmen: durch Wägung eines Körpers in der Flüssigkeit und in Wasser; durch Wägung von Flüssigkeit und Wasser nach einander in demselben Gefäfs; durch die Methode der mittels Saugens emporgehobenen Flüssigkeitssäulen. — 9. Die relative Dichtigkeit der Luft mittels einer luftleer gemachten Flasche zu bestimmen. — 10. Wirkung des Hebers: die Bedingungen des Fliefsens zu zeigen, indem man zwei mit Wasser gefüllte Gefäfse durch einen Schlauch verbindet. — 11. Das Gewicht der Quecksilbersäule in einer Glasröhre per Centimeter zu bestimmen, indem man ihre Länge mifst und das Quecksilber wiegt. — 12. Den Druck der Atmosphäre durch das Gewicht einer Quecksilbersäule zu bestimmen.

Mechanik fester Körper: 1. Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte, Wirkung von drei nicht parallelen Kräften in derselben Ebene, durch Federwagen dargestellt. — 2. Das Gesetz für die Abstände der Angriffspunkte zweier paralleler Kräfte von dem Angriffspunkt ihrer Resultierenden. — 3. Das Gesetz der Momente zweier paralleler Kräfte, die auf einen Körper wirken. — 4. Momente einer beliebigen Zahl von parallelen Kräften in derselben Ebene und für einen festen Punkt. — 5. Momente von zwei Kräftepaaren in derselben Ebene. — 6. Schwerpunkt eines Stabes. — 7. Schwerpunkt eines körperlichen Dreiecks. — 8. Vergleichung von Massen durch ihre Trägheit. — 9. Beziehung der Schwingungszahl eines Pendels zu seiner Länge. — 10. Beziehung von Reibung und Druck. — 11. Arbeit bewegter Körper auf einer schiefen Ebene. — 12. Beziehung zwischen der Beschleunigung fallender Körper und der bewegenden Kraft.

Wärme: 1. Prüfung des Gefrier- und des Siedepunktes eines Thermometers. — 2. Lineare Ausdehnung eines festen Körpers. — 3. Wärmekapazität eines Calorimeters. — 4. Spezifische Wärme einer Substanz. — 5. Latente Wärme des Wassers. — 6. Latente Wärme des Wasserdampfes. — 7. Taupunkt der Zimmerluft.

Schall: Tonhöhe einer Stimmgabel unter Benutzung der Luftsäule in einem Hohlraum. — 2. Abhängigkeit der Tonhöhe von der Länge der Saiten. — 3. Abhängigkeit der Tonhöhe von der Spannung der Saiten.

Licht: 1. Photometrie; Abhängigkeit der Lichtstärke von der Entfernung. — 2. Beziehung zwischen Einfalls- und Reflexionswinkel. — 3. Lage der Bilder in ebenen Spiegeln. — 4. Den Winkel der totalen Reflexion beim Wasser zu finden. — 5. Desgleichen beim Kerosin. — 6. Die Brennweite einer Convexlinse zu finden. — 7. Gröfse und Lage der reellen Bilder bei einer Sammellinse. — 8. Gröfse und Lage der virtuellen Bilder bei einer Sammellinse.

Elektrizität: 1. Aufzeichnung der Kraftlinien bei einem Stabmagneten. — 2. Constanz der Daniellschen Kette und Gewichtsänderung ihrer Bestandtheile. — 3. Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes von Länge und Querschnitt der Leiter. — 4. Messung des Wider-

standes nach der Substitutionsmethode. — 5. Widerstandsmessung mit der Wheatstoneschen Brücke. — 6. Elektromotorische Kraft verschiedener Metalle. — 7. Elektromotorische Kraft galvanischer Ketten hinsichtlich der Gröſse und Zahl, mittels Gegeneinanderschaltung. — 8. Verbindung der Ketten mit Rücksicht auf den äuſseren Widerstand; Berechnung der Stromstärke nach der Formel $C = E/(R + r)$. — 9. Gesetz der induzirten Ströme hinsichtlich ihrer Dauer und Richtung.

Chemische Versuche.

1. Chemische Veränderung durch Wärme. — 2. Chemische Veränderung bei Contakt (Cu und HNO_3). — 3. Desgl. (Zn und H_2SO_4). — 4. Zinn und Salpetersäure. — 5. Darstellung von Sauerstoff. — 6. Eigenschaften des Sauerstoffs (mit Schwefel). — 7. Sauerstoff und Kohle. — 8. Sauerstoff und Phosphor. — 9. Sauerstoff und Eisen. — 10. Darstellung von Stickstoff. — 11. Krystallisationswasser (Alaun). — 12. Krystallisationswasser (Efflorescenz). — 13. Krystallisationswasser (Deliquescenz). — 14. Zersetzung des Wassers durch Natrium. — 15. Destillation einer Lösung von Kupfersulfat. — 16. Darstellung von Wasserstoff. — 17. Eigenschaften des Wasserstoffs (Leichtigkeit, Seifenblasen). — 18. Leichtigkeit des Sauerstoffs, durch Umfüllen zu zeigen. — 19. Brennbarkeit des Wasserstoffs. — 20. Bildung von Wasser beim Verbrennen des Wasserstoffs. — 21. Zerlegung von Wasser durch den elektrischen Strom (Vorlesungsversuch). — 22. Darstellung von Salpetersäure. — 23. Wirkung von Salpetersäure auf Zinn. — 24. Wirkung von Salpetersäure auf Kupfer. — 25. Darstellung von Stickstoffoxyd. — 26. Eigenschaften des Stickstoffoxyds. — 27. Darstellung von Stickstoffoxydul. — 28. Wirkung von Ätzkalk, Ätznatron und Ätzkali auf Ammoniumchlorid. — 29. Ammoniakgas. — 30. Darstellung von Chlor. — 31. Eigenschaften des Chlors. — 32. Wirkung der Schwefelsäure auf Kochsalz. — 33. Darstellung von Salzsäure. — 34. Eigenschaften der Salzsäure. — 35. Neutralisation. — 36. Mischung und chemische Verbindung. — 37. Physikalische und chemische Lösung. — 38. Wirkung der Kohle auf Lösungen. — 39. Reduzierende Wirkung der Kohle. — 40. Kohlendioxyd und Kalkwasser. — 41. Darstellung von Kohlendioxyd. — 42. Gewicht des Kohlendioxyds. — 43. Wirkung von Säuren auf Carbonate. — 44. Darstellung von Carbonaten. — 45. Darstellung des Kohlenmonoxyds. — 46. Kohlenmonoxyd als Reduktionsmittel. — 47. Natur der Flamme. — 48. Darstellung von Brom. — 49. Bromwasserstoffsäure. — 50. Darstellung von Jod. — 51. Darstellung von Jodwasserstoffsäure. — 52. Lösungsmittel für Jod. — 53. Jod und Stärke. — 54. Ätzung mit Fluorwasserstoffsäure. — 55. Krystallinischer Schwefel. — 56. Amorpher Schwefel. — 57. Wirkung von siedendem Schwefel auf Metalle. — 58. Darstellung von Schwefelwasserstoff. — 59. Wirkung von Schwefelwasserstoff auf Salze. — 60. Darstellung von Schwefeldioxyd. — 61. Bleichen mit Schwefeldioxyd. — 62. Darstellung von Schwefelsäure (Vorlesungsversuch). — 63. Verbrennung von Phosphor. — 64. Arsen; Marshsche Probe. — 65. Reduktion von Arsenoxyd. — 66. Darstellung von Antimon. —

67. Pottasche aus Holzasche. — 68. Kalium auf Wasser. — 69. Darstellung von Kaliumcarbonat. — 70. Kaliumsalpeter und Holzkohle. — 71. Flammenprobe für Kalium und Natrium. — 72. Flüchtigkeit des Ammoniumchlorids. — 73. Prüfung von Kalkwasser. — 74. Abdrücke von Gyps. — 75. Wirkung von Zink und Eisen auf Kupfersulfat. — 76. Verbrennung von Magnesium. — 77. Ätznatron und Kupfersulfat. — 78. und 79. Analyse von gemünztem Silber. — 80. Darstellung von Silberchlorid. — 81. Wirkung von Bleiacetat auf Zink. — 82. Kaliumchromat und -bichromat. — 83. Darstellung von Baryum- und Bleichromat. — 84. Wirkung von Wasser auf Blei. — 85. Kupfer und Quecksilber. — 86. Aluminium und Ätznatron. — 87. Alaun und kohlensaures Kalium (getrennt aufgelöst und dann gemischt). — 88. Aluminium in Salzsäure und in Ätznatron. —

89. Lösungskraft des Wassers (quantitativ). — 90. Zusammensetzung des Chlorwasserstoffgases. — 91. Erläuterung des Gesetzes der bestimmten Proportionen. — 92. Zusammensetzung des Stickstoffoxydes. — 93. Dichtigkeit des Wasserstoffs. — 94. Spezifisches Gewicht des Kohlendioxyds. — 95. Spezifisches Gewicht des Alkoholdampfes. — 96. Atomgewicht des Zinks. — 97. Wärme bei der Hydratbildung und Lösung. — 98. Identifikation von Substanzen

auf Grund der charakteristischen Eigenschaften. — 99. Fünf unbekannte Substanzen, z. B. Kochsalz, Chlorkalium, Chlorcalcium, Chlorammonium, Chlorbaryum zu identifizieren. — 100. Zu den Lösungen von Schwefelsäure, Natriumsulfat, Kaliumsulfat, Ammoniumsulfat, Zinksulfat, Calciumsulfat werde ein wenig Salzsäure und dann eine Lösung von Baryumchlorid gefügt. Ebenso zu den Chloriden derselben Metalle.

Hinsichtlich der Ausführung der chemischen Versuche ist bei jedem einzelnen auf entsprechende Stellen der gebräuchlichsten Unterrichtsbücher (*Shephard, Elliot and Storer, Ira Remsen, J. P. Cooke, R. P. Williams*) verwiesen. Für die physikalischen Versuche fehlen nähere Hinweise, doch liegt darüber eine reiche Litteratur vor, aus der das Buch von Trowbridge, *The new physics*, besonders namhaft gemacht sein möge. Die Laboratorien sind ähnlich eingerichtet wie die chemischen Laboratorien unserer Realgymnasien; jeder Schüler arbeitet für sich allein und führt darüber ein Heft. Nach den mir vorliegenden Beschreibungen wie nach dem Urteil eines fachkundigen Schulmannes, der Amerika im Jahre 1895 besucht hat, verdienen die in den neuen Schulhäusern vorhandenen Arbeitsräume die vollste Anerkennung[1]).

4. Das charakteristische Merkmal, durch das sich die amerikanischen Lehrpläne von den unsrigen unterscheiden, scheint nach dem bisher Gesagten in der That die Laboratoriumsarbeit zu sein. Es kommt aber noch ein anderes hinzu. Auch die eigentlichen Unterrichtsstunden sind von den unsrigen durchaus abweichend. Sie bestehen hauptsächlich in sogenannten *recitations;* der Lehrer hört den Abschnitt aus dem *text-book* ab, den die Schüler für sich durchgearbeitet haben; und zwar ist in der Regel ein Teil der Schüler bei der Recitation, während der andere sich auf die nächste Lektion vorbereitet. „Nur selten kommt der Lehrer zum Unterrichten in unserem Sinne, so dafs Vortrag mit Frage und Antwort abwechseln. Daher ist beiläufig auch das Hospitieren für den fremden Besucher von geringerem Interesse, weil die Individualität des Lehrers und auch der Schüler sich selten erkennbar machen[2]).“ Über den Wert dieser Methode wird in Amerika selbst sehr verschieden geurteilt. In dem 1895 veröffentlichten Bericht einer Fünfzehner-Kommission, der speziell das Elementarschulwesen zum Gegenstand hatte, wird ausgesprochen, dafs die zwei Arten des Arbeitens, die des Teilnehmens an der gemeinsamen Verhandlung, und die des Sammelns der Gedanken trotz aller äufseren Störung, die beste Schulung gäben. Andererseits wird in dem (für unsere Beurteilung mafsgebenderen) Bericht des Zehner-Ausschusses von 1893 bei den verschiedensten Anlässen zugestanden, dafs der Gebrauch des „*text-book*“ und die „*recitation*“ ein sehr unzureichendes Mittel seien, wo es auf mehr als blofs äufserliche Aneignung ankomme. In der That ist diese ganze Einrichtung das Resultat der amerikanischen Verhältnisse. „Man kann nach dieser Methode mit weniger gut vorgebildeten Lehrern auskommen“ (Bertram). In echt amerikanischer Weise hat man aus der Not eine Tugend gemacht und eine Art von automatischem Unterrichtsverfahren eingerichtet, bei dem die persönliche Einwirkung des Lehrers in den Hintergrund tritt. Allerdings werden dabei die Schüler, wenigstens die fähigeren, zu einem gröfseren Mafs von Selbständigkeit angeleitet; die Fähigkeit, sich späterhin selbständig weiter zu bilden, gilt denn auch als das wertvollste Ergebnis dieser Methode. Dafs aber bei der überwiegenden Mehrzahl der

[1]) Mündliche Mitteilung des Herrn Dr. Nahrwold, Direktors der XI. Realschule in Berlin.

[2]) Aus dem Bericht, den Herr Geh. Rat Bertram, Stadtschulrat in Berlin, über die Schulverhältnisse von Amerika anläfslich seines Besuches in Chicago (1895) dem Berliner Magistrat erstattet hat. Für die mir gewährte Einsicht in den Bericht sage ich bei dieser Gelegenheit meinen verbindlichsten Dank.

Schüler auf diese Weise eine im wesentlichen mechanische Aneignung des Stoffes erzielt wird, ist von vornherein ersichtlich und wird durch die erwähnten Urteile im Bericht von 1893 bestätigt.

Für die Einführung der Laboratoriumsarbeit ist gleichfalls eine gewisse Notlage von Bedeutung gewesen. Das Textbuch reichte für die naturwissenschaftliche Ausbildung nicht hin; es fehlte andererseits an Lehrern, die den Gegenstand auf unsere Art zu unterrichten fähig gewesen wären; und so machte man auch hier aus der Not eine Tugend, indem man die Apparate den Schülern selbst in die Hand gab. Aber das automatische Prinzip versagte hier. Um die Beobachtungen des Schülers mit diesem erfolgreich zu diskutieren, bedurfte es eines Lehrers, der den Gegenstand beherrschte, und gerade der Mangel an solchen Lehrern hatte das selfmademan-System im physikalischen Unterricht hervorgerufen. So kommt denn auch der Bericht von 1893 zu der nachdrücklichen Forderung, dafs die naturwissenschaftlichen Lehrer „zum mindesten eine ebenso gründliche Spezialbildung" erhalten sollten, wie die Lehrer der Sprachen oder der Mathematik. Und auch die Aufzählung der Gefahren, die mit einem mangelhaften Betrieb der Laboratoriumsarbeit verknüpft sind, berechtigt zu dem Schlusse, dafs auffällige Mifsstände infolge der mangelhaften Vorbildung der Lehrer sich bemerkbar gemacht haben. Ich führe noch zwei weitere Zeugnisse dafür an, dafs sich der Laboratoriumsunterricht in amerikanischen Schulen noch keineswegs auf der Höhe befindet, die ihm durch die vortrefflichen Gedanken des Berichts von 1893 vorgezeichnet ist. Das eine ist die direkte Wahrnehmung des bereits genannten Schulmannes, der trotz grofser persönlicher Schätzung des Systems der praktischen Schülerarbeiten doch den Eindruck gewann, dafs diese Arbeiten mehrfach nicht über den Charakter der Spielerei hinausgingen[3]). Das andere ist indirekt, und dem schon oben benutzten Bericht eines im deutschen Schulwesen hervorragenden Mannes entnommen, der über die in Chicago ausgestellten Lehrmittel das Urteil abgab: „Insbesondere zeigten die physikalischen Apparate immer noch die Neigung nach billigen Vorrichtungen, die das exakte Experimentieren unmöglich machen. Ähnliches war auch in amerikanischen Schulen zu bemerken. Gewifs, die Franklinsche Elektrisiermaschine, die im Original ausgestellt war, zeigt, wie man sich zu jener Zeit zu helfen wufste, und in den von Schülern hergestellten Apparaten sind solche Notbehelfe oft zu loben. Aber anders steht es mit den als Muster vorgeführten; bei diesen mufs auch die Construktion, die richtige Verwendung der Maschinenteile und Bewegungsmechanismen vorbildlich wirken[4])." Man wird hieraus schliefsen dürfen, dafs es auch mit der Exaktheit der Laboratoriumsarbeiten noch nicht gerade zum besten bestellt ist. Nach alledem erscheint es ungerechtfertigt, dafs man von amerikanischer Seite mit voreiligem Stolz auf unsere aus ganz anderen Vorbedingungen erwachsene Unterrichtsmethode als eine altmodische herabsieht.

Anerkannt mufs werden, dafs in dem System der praktischen Schülerarbeiten, abgesehen von der eigentümlichen Art seiner Entstehung, ein sehr gesunder Kern steckt. Wo alle Bedingungen erfüllt sind, ist die Methode sicher von Erfolg. So heifst es im Bericht über den Schuldistrikt I in Denver (*Colorado*) vom Schuljahr 1893/94: Die Verdoppelung der Zeit für die Laboratoriumsarbeit habe ein gröfseres Interesse der Schüler zur Folge gehabt; insbesondere habe sich die in der Klasse vorgenommene Kritik der Einzelberichte über die experimentellen Arbeiten als ganz

---

[3]) Mündliche Mitteilung des Herrn Direktors Dr. Nahrwold.

[4]) Bericht des Geheimrats Dr. Bertram an den Magistrat von Berlin.

unschätzbar erwiesen, sie sei ein Sporn zu eingehenderer und genauerer Beobachtung und zu gröfserer Sorgfalt in der vollständigen und wahrheitsgetreuen Wiedergabe der Beobachtungen und Schlüsse. Kein Lehrgegenstand übertreffe solches wissenschaftliche Arbeiten in Hinsicht auf die Verwirklichung eines Ideals absoluter Wahrhaftigkeit. — Übrigens ist auch in England der Wert solcher praktischer Übungen längst anerkannt; hingewiesen sei besonders auf das Vorwort von K. Noack zu der deutschen Übersetzung der Praktischen Physik für Schulen und jüngere Studierende von B. Stewart und H. Gee.

5. Es wird die deutschen Lehrer des Faches interessieren, zu erfahren, welchen Anforderungen die Schüler der *high schools* bei den vierteljährlichen Prüfungen genügen müssen. Mir liegen[5]) die Prüfungsfragen vor, die an der *Hartford Public High School* in der Physik (2. Schuljahr) und in der Chemie (3. Schuljahr) gestellt worden sind. Ich gebe sie ohne weiteren Commentar:

Physik (*Dezember 1894*).

I. Nenne und definiere eine absolute Krafteinheit. Was ist Arbeit? — Die kinetische Energie eines bewegten Körpers wird durch die Formel $mv^2/2g$ ausgedrückt. Wie grofs ist die kinetische Energie eines 32-pfündigen Körpers, der sich mit der Geschwindigkeit von 1000 Fuss in der Sekunde bewegt. Wieviel Eis, beim Gefrierpunkt genommen, könnte durch diese Energie, wenn sie in Wärme verwandelt würde, geschmolzen und bis zum Siedepunkt erhitzt werden?

II. Die Dichtigkeit des Eisens ist 485 Pfund per Cub.-F. Wie grofs ist sein spezifisches Gewicht? — Wie grofs ist das Gewicht von 20 ccm Eisen? Wie grofs würde das Gewicht von 1 Cub.-F. Eisen in Alkohol (spez. Gew. 0,8) sein? — Ist das Gewicht eines Körpers in Luft oder im Vakuum gröfser und warum?

III. Ein rechteckiges Wasserbecken von 600 cm Länge, 400 cm Breite und 300 cm Tiefe ist halb mit Wasser gefüllt; zu berechnen ist der gesamte Flüssigkeitsdruck auf die vier Seiten. — Wovon hängt der Druck des Wassers gegen einen Damm ab? — Was versteht man unter atmosphärischem Druck? Welche Wirkung hat eine Vermehrung des Druckes auf den Siedepunkt und warum? Was ist der Siedepunkt, wenn das Barometer 29,8 Zoll zeigt?

IV. Was versteht man unter dem Coëfficienten der linearen Ausdehnung eines Körpers? Beschreibe sorgfältig deinen Versuch über die Ausdehnung eines Messingstabes; gieb die Formeln an, die du zur Berechnung des Ausdehnungscoëfficienten des Messings gebraucht hast. — Wovon hängt die Ausdehnung eines Stabes ab?

Physik (*April 1895*).

I. Beschreibe ausführlich die Wirkung eines Telephons. — Welche Wirkung haben Obertöne auf den Charakter eines musikalischen Tones? Wie ändert sich ein Ton durch die Vergröfserung der Schwingungsweite des tönenden Körpers? Wie durch Vergröfserung der Schnelligkeit der Schwingungen?

II. Ein kleiner Gegenstand befindet sich in einem Abstande von 3,5 Zoll von einer biconvexen Linse, deren Brennweite 2 Zoll beträgt; welche Entfernung hat das Bild? Welches ist die relative Gröfse von Bild und Gegenstand? Gieb durch eine Zeichnung die Lage von Linse, Gegenstand und Bild an; bezeichne darin die Lage der Hauptachse, des optischen Mittelpunktes und des Hauptbrennpunktes. — Worin besteht der Nutzen der achromatischen Linse? — Hat das astronomische oder das terrestrische Fernrohr die gröfsere Zahl von Linsen und warum?

III. Beschreibe die Einrichtung und die Vorzüge des Daniellschen Elements. — Gieb durch eine Zeichnung die Verbindungen des Apparates an, der zur Messung des elektrischen

[5]) durch die Güte des Herrn Direktors Dr. Nahrwold.

Widerstandes von Drähten benutzt wird, für den Fall, dafs zwei Widerstandsrollen parallel mit einander verbunden sind. Wenn die beiden Rollen 4 und 6 Ohm Widerstand hätten, Galvanometer, Commutator und Verbindungsdrähte 0,2 Ohm, wie grofs wäre dann der gesamte äufsere Widerstand? Wenn 6 Elemente zu je dreien in Serien geschaltet sind, wie grofs wäre dann der innere Widerstand der Batterie? Wie grofs die elektromotorische Kraft? Wie stark wäre der Strom, der durch das Galvanometer fliefst? — Warum hat die Rotation der Armatur einer Dynamo einen Strom zur Folge? Warum wird gewöhnlich ein Teil oder der ganze Armaturstrom um den Feldmagneten der Dynamo geschickt?

Chemie (*Dezember 1894*).

I. Gieb eine vollständige Beschreibung der Atmosphäre hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und ihrer Eigenschaften. In welcher Hinsicht unterscheiden sich ihre Eigenschaften von denen ihrer Bestandteile? Durch welche Versuche hast du ihre Eigenschaften festgestellt?

II. Erkläre die folgenden Ausdrücke und erläutere sie durch Beispiele: Anhydrid, Allotropie, amorph, Legierung, Reduktion. — Welche Erklärung kannst du für die Bildung von Molekülen wie die folgenden geben: $Hg\,Cl_2$; $Hg_2\,Cl_2$; $C\,H_4$; $C_2\,H_2$. Schreibe die graphischen Formeln für Wasserstoffdioxyd, Salpetersäure und Kaliummonosulfat.

III. Gieb eine vollständige Beschreibung der verschiedenen natürlichen Formen der Kohle. Worauf beruht ihre Wichtigkeit für die Civilisation und warum? — Was wurde durch die Erhitzung von Holzstückchen in einem Probierrohr bewiesen? Was durch Zufügung von Schwefelsäure zu Stärke oder Zucker?

IV. Nenne drei säurebildende Elemente und gieb ihre chemischen Eigenschaften an. Führe die Prozesse an, durch die ein bestimmtes Salz aus jedem dieser Elemente als Ausgangsstoff erhalten werden kann.

V. Schreibe Formel und Namen und gieb die wichtigsten Eigenschaften an von einer Verbindung des Wasserstoffs mit jedem der folgenden Stoffe: Chlor, Stickstoff, Schwefel, Phosphor.

VI. Beschreibe auf die gewöhnliche Art den Versuch, bei dem du dargestellt hast: Ammoniakgas, phosphorige Säure, Kohlendioxyd; desgleichen die Methoden, durch die du Lösungen auf Chloride, Sulfate und auf Quecksilberverbindungen prüftest.

Chemie (*April 1895*).

I. Welches Metall findet sich in der Natur am reichlichsten? Nenne drei gewöhnliche Stoffe, in denen es vorkommt. Vergleiche seine physikalischen und chemischen Eigenschaften mit denen des Silbers und Eisens. Welches sind die Eigenschaften des Arsens? Was ist Arsenik? Gieb seine Eigenschaften an. Beschreibe die „Fleckprobe“ für Arsenik.

II. Welche beiden Klassen von Salzen bildet das Quecksilber? Gieb Namen und Formeln zweier anderer Metalle an, die ähnliche Klassen bilden.

Welche Eigentümlichkeiten des Chroms und des Wismuths wurden durch die folgenden Formeln veranschaulicht: $Pb\,CrO_4$, $Cr_2\,(NO_3)_6$; $Bi(NO_3)_3$, $Bi\,ONO_3$? Schreibe Formeln von entsprechenden Salzen anderer Metalle auf.

Beschreibe die Verbindung des Calciums, die am häufigsten vorkommt, und gieb über ihren Ursprung und ihre Verwendungen näheres an.

6. Es bleibt uns schliefslich die Frage zu beantworten, was für Nutzen wir von der Kenntnis des amerikanischen Verfahrens für die Gestaltung unseres Unterrichtes ziehen können. Unser Unterricht hat sich auf ganz anderer Grundlage entwickelt als der amerikanische. Bei uns ist immer das lebendige Wort des Lehrers das Bestimmende gewesen, unter seiner Leitung bewältigt die Klasse den Unterrichtsstoff in gemeinsamer Arbeit durch Frage und Antwort, Rede und Gegenrede. In den naturwissenschaftlichen Fächern hat überdies das Prinzip der Anschaulichkeit, das die deutsche Pädagogik seit Comenius auf ihre Fahne geschrieben hat, zu der immer ge-

steigerten Erläuterung durch Objekte und Experimente geführt. Es ist nur ein weiterer Schritt in diesem Entwickelungsgang, wenn auch bei uns schon seit Jahren die Forderung nach praktischen Schülerübungen erhoben wird. Die Gründe dafür sind bereits im Jahre 1890 auf der Naturforscherversammlung zu Bremen von Herrn B. Schwalbe dargelegt, und seitdem ist die Sache in dieser Zeitschrift wiederholt behandelt worden[6]). Worum es sich also für uns handeln kann, ist keineswegs ein Aufgeben unseres bisherigen Verfahrens zu gunsten des in Amerika üblichen; auch nicht eine Einfügung amerikanischer Unterrichtsformen in unsere Schulen, wohl aber eine intensivere Betreibung dessen, was sich auch bei uns als ein in der Sache liegendes Bedürfnis herausgestellt hat, und was durch die aus völlig verschiedenen Voraussetzungen hervorgegangene Gestaltung der Dinge in Amerika als zweckdienlich erwiesen ist. Die amerikanischen Erfahrungen können nur das Gewicht der Gründe verstärken, die bisher bei uns für die Einführung solcher Laboratoriumsarbeit vorgebracht worden sind. Die Gefahren, die sich dort wegen der unzureichenden Qualifikation der Lehrer mit dieser Einrichtung verknüpfen, sind bei uns nicht zu befürchten. Ein anderes Bedenken freilich wird sich bei uns geltend machen: ob nicht die einstweilen etwas hintangehaltene Gefahr der Überbürdung durch eine derartige Zufügung zu dem bisherigen Pensum von neuem heraufbeschworen wird. Eine Gefahr dürfte höchstens für die altklassischen Gymnasien in Frage kommen; an diesen Anstalten wird, bei der heutigen Gestalt ihres Lehrplans, eine bloſs fakultative Einrichtung der Übungen anzustreben sein, während an Realgymnasien und Oberrealschulen eine Ausdehnung der bereits bestehenden Übungen in der Chemie auf die Physik ohne Schwierigkeit wird vorgenommen werden können. Eine besondere Bedeutung dürften die praktischen Übungen für die sechsklassigen Realschulen gewinnen, die in ihrer Richtung auf eine für das praktische Leben bestimmte Bildung den amerikanischen Sekundärschulen am nächsten stehen. Für die Schüler aller Anstalten aber hat es den gröſsten Wert, sich schon frühzeitig mit den Erscheinungen und Kräften vertraut zu machen, von denen heut die wirtschaftliche Existenz der Nationen mehr als jemals zuvor abhängig ist. Wir wollen das Volk der Denker bleiben wie bisher, aber wir müssen unsere Schüler mit allen Kräften dazu erziehen, am „Leitfaden der Wirklichkeit" zu denken. Dazu bedürfen sie jenes unmittelbaren Befassens mit den Dingen und Erscheinungen, wie es die Laboratoriumsarbeit bietet.

Es fehlt bei uns weder an geeigneten Kräften noch an gutem Willen, solche Schülerübungen ins Werk zu setzen. Seit Jahren ist auch durch die Bemühungen einzelner Lehrer des Faches die Möglichkeit wie der Nutzen dieser Übungen dargethan worden. Wir haben in dem Leitfaden von Dr. K. Noack (Berlin bei Julius Springer) wie in der Programmabhandlung von Dr. Niemöller (Ratsgymnasium Osnabrück 1894, Pr. No. 318) treffliche Anleitungen für physikalische Schülerversuche. Auch die Lehrpläne von 1892 gestehen ausdrücklich zu, daſs derartige praktische Übungen (in erster Reihe allerdings chemische) bei richtiger Leitung einen nicht zu unterschätzenden erziehlichen Wert haben, und unter Umständen auch auf das Gebiet des physikalischen Unterrichts ausgedehnt werden können. Aber man kann von den Fachlehrern nicht erwarten, daſs sie dauernd die nicht leichte Einrichtung und Überwachung dieser Versuche als eine freiwillige Leistung noch zu ihren übrigen

[6]) Vgl. in dieser Zeitschr. *IV 209* (Schwalbe); *V 57* (Poske); *V 109* (H. C. Müller); *V 281* (Noack); *VI 161* (Schwalbe); *VII 314* (Niemöller); — ferner den Lehrplan-Entwurf von Direktor Vogel im Programm des Königstädt. R.-G. zu Berlin 1895 und den Bericht darüber in dieser Zeitschr. (*VIII 371*).

Amtspflichten auf sich nehmen, umsoweniger als gerade ihnen aus den besonderen Anforderungen des Gegenstandes (wie auch durch eine vorher angeführte Stelle des amerikanischen Berichts bezeugt wird) ohnehin schon gewisse, bisher von den Schulleitungen nicht in Anschlag gebrachte Obliegenheiten zufallen. Es wird daher gerechtfertigt erscheinen, auch an dieser Stelle auf die Beschlüsse hinzuweisen, die der Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts auf seiner letzten Pfingstversammlung in Danzig mit Einstimmigkeit gefafst hat (vgl. auch d. Jahrg. Heft 5, S. 270). Die drei hauptsächlichsten dieser Beschlüsse lauten:

1. Es ist wünschenswert, für die wahlfreien physikalischen Übungen der Schüler auf allen Anstalten von Beginn des physikalischen Unterrichtes an zwei wöchentliche Stunden anzusetzen.
2. Dem Lehrer, der diese Stunden erteilt, sind sie auf seine Pflichtstundenzahl anzurechnen.
3. Es ist notwendig, bei Beschaffung von Lehrmitteln für den physikalischen Unterricht darauf Bedacht zu nehmen, dafs auch für den oben erwähnten Zweck geeignete Lehrmittel angeschafft werden.

Hinzugefügt sei endlich noch der Hinweis, dafs es unumgänglich sein wird, beim Neubau oder der Neuerrichtung von Lehranstalten einen besonderen Raum für Schülerarbeiten bereitzustellen und auszustatten. Diese Forderung erhebt auch M. Schlegel in dem Programm des Kgl. Wilhelmsgymnasiums zu Berlin 1897, und gleichzeitig E. Uhlich in dem Jahresbericht der Landes- und Fürstenschule zu Grimma. In der Einrichtung solcher Arbeitsräume sind die amerikanischen Schulen mit nachahmenswertem Beispiel vorangegangen.

Eine Wellenkippmaschine.

Von

Kurt Geissler in Charlottenburg.

Hängt man eine Reihe von Pendelkugeln neben einander an gleichlangen Fäden in gleichen Abständen auf und drückt seitlich mit einem geradlinigen Stabe so gegen die Fäden, dafs der Stab einen spitzen Winkel mit der Horizontalen bildet, so setzen sich die Kugeln in Bewegung und bilden, da die Fadenlänge durch den Stab verschieden gekürzt ist, eine Wellenlinie. Diese setzt sich mit fortschreitender Zeit aus einer immer gröfseren Anzahl von immer kleiner werdenden Wellen zusammen, weil die Phasendifferenz zwischen je zwei benachbarten Kugeln fortwährend zunimmt. Entfernt man den Stab dann vorsichtig, so schwingen sämtliche Fäden mit ihrer ganzen gleichen Länge, und die im Augenblicke des Loslassens vorhandenen Wellen laufen in ihrer letzten Form unverändert weiter, sie werden gewissermafsen fixiert. Diese Beobachtung veranlafste mich, die folgende Maschine herzustellen. Es war zunächst nötig, die Verkürzung der Pendel in solcher Weise zu bewirken, dafs die sich neben einander zeigenden Wellen nicht, wie bei obigem Versuche, verschiedene Längen haben. Eine einfache Überlegung zeigt, dafs die den Fäden angelegte Führung in diesem Falle nicht geradlinig sein darf. Es sollen zum Beispiel 25 an Seidenfäden aufgehängte Messingkugeln nach dem Verlauf von 5 Sekunden eine halbe Welle (Figur 3a) bilden. Die sämtlichen Kugeln erhalten zunächst eine seitliche Entfernung aus der Ruhelage und werden nun losgelassen, so dafs sie nach ihrer ursprünglichen Ruhelage zurückschwingen. Nun müfste die erste Kugel, unter Be-

nutzung von laufenden Nummern künftig kurz als Kugel *1* bezeichnet, etwa vier und eine halbe einfache Pendelschwingung gemacht haben, also in die ursprüngliche Mittellage zurückgekehrt sein, während Kugel *13* bereits 5 Schwingungen gemacht hat, also sich in der gröfsten Ausweichung befindet. Dem Pendel *13* ist dabei die Länge des Sekundenpendels $l = 0{,}994$ m zu geben, sodafs jene 5 Schwingungen desselben 5 Sekunden gewährt haben; die Berechnung aller übrigen Pendellängen ergiebt sich aus der Gleichheit der Zeiten, in denen die einzelnen Pendel die entsprechenden ganzen Schwingungen und Bruchteile ausgeführt haben.

Bezeichnet man nämlich die Schwingungsdauer des Pendels *1* mit T_1, die des Pendels *13* mit T_{13} u. s. f., die zugehörigen Längen mit l_1 u. s. f., so mufs zunächst sein

$$\frac{9}{2} T_1 = \frac{10}{2} T_{13} \quad \text{oder} \quad \frac{9}{2}\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}} = \frac{10}{2}\pi\sqrt{\frac{l_{13}}{g}}.$$

Bringt man beide Ausdrücke auf den Nenner 24, so ordnen sich die zwischenliegenden Werte in nachstehender Weise dazwischen ein

$$\frac{108}{24}\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}} = \frac{109}{24}\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}} = \ldots = \frac{120}{24}\pi\sqrt{\frac{l_{13}}{g}},$$

und für die weiteren Pendel bis zu No. 25 ergiebt sich

$$\frac{120}{24}\pi\sqrt{\frac{l_{13}}{g}} = \frac{121}{24}\pi\sqrt{\frac{l_{14}}{g}} = \ldots = \frac{132}{24}\pi\sqrt{\frac{l_{25}}{g}}.$$

Hierbei ist $l_{13} = l = 0{,}994$ m zu setzen, und es wird

$$l_1 = \left(\frac{120}{108}\right)^2 \cdot 0{,}994\, m, \quad l_2 = \left(\frac{120}{109}\right)^2 \cdot 0{,}994\, m, \ldots, \quad l_{25} = \left(\frac{120}{132}\right)^2 \cdot 0{,}994\, m.$$

Läfst man die so ausgerechneten Pendellängen nach Ablauf der fünf Sekunden noch weiterbestehen, so zeigen die 25 Kugeln eine immer wachsende Anzahl von untereinander gleichlangen Wellen, die natürlich allmählich entsprechend kleiner werden. Es ist leicht zu sagen, wann je zwei benachbarte Kugeln in entgegengesetzter Phase stehen, also Berg und Thal markieren werden, sodafs die sämtlichen Pendel zwei gerade Linien bilden. Hat nämlich das erste Pendel n Schwingungen gemacht, so mufs das zweite $n + 1$ vollendet haben, mithin ist z. B.

$$n \cdot t_{13} = (n+1)\, t_{14} \quad \text{oder} \quad n\sqrt{\frac{l_{13}}{g}} = (n+1)\sqrt{\frac{l_{14}}{g}}.$$

Daraus ergiebt sich für den oben angenommenen Fall, nämlich, dafs nach 5 Sekunden eine halbe Welle entstehen soll,

$$n\sqrt{l} = (n+1)\sqrt{l_{14}} = (n+1) \cdot \frac{120}{121}\sqrt{l}, \text{ also } n = 120 \text{ Sekunden.}$$

Folglich stehen nach 240 Sekunden sämtliche Kugeln wieder in einer geraden Linie.

Will man kürzere Pendel verwenden und die Wellen rascher entstehen lassen, so braucht man nur für l oder l_1 irgend eine Länge anzunehmen, ebenso für die Zeit n, nach deren doppeltem Verlauf alle Kugeln in gerader Linie stehen sollen, und danach die übrigen Pendellängen zu berechnen mit Hülfe der Gleichungen

$$l_1 = l\left(\frac{n}{n+1}\right)^2, \quad l_2 = l_1\left(\frac{n+1}{n+2}\right)^2 = l \cdot \left(\frac{n}{n+2}\right)^2, \ldots, \quad l_p = l\left(\frac{n}{n+p}\right)^2.$$

Jeder Schüler, der Wurzeln und Logarithmen, sowie das Pendelgesetz kennt, ist im stande, den Apparat zu verstehen und Arbeiten der folgenden Art darüber auszuführen:

„Es sollen 20 Pendel in einer Vertikalebene aufgehängt werden, sodafs die Kugelmittelpunkte eine gerade Linie bilden, wie grofs müssen die Längen der übrigen Pendel gewählt werden, wenn das erste 1 m lang sein soll und alle Kugeln nach

40 Sekunden zum ersten Male wieder eine gerade Linie bilden sollen? Wieso stehen je zwei aufeinanderfolgende Kugeln nach 20 Sekunden in entgegengesetzter Phase? Wie viel Kugeln umfafst jede Welle nach 10 Sekunden? Wann bilden alle 20 Kugeln eine ganze Welle? u. s. w."

Es ist interessant, das Spiel der immer kleiner werdenden Wellen zu beobachten, indessen liegt der Wert der Maschine für den Unterricht darin, dafs man durch eine einfache Kippung nach einer bestimmten, an einem Sekundenpendel gezählten Anzahl von Sekunden jede beliebige Anzahl von transversalen oder longitudinalen Wellen vorführen und leicht im bestimmten Augenblicke durch Entfernung der Führung die gewünschte Wellenform weiter schwingen lassen kann. Auch ist es vorteilhaft, dafs die

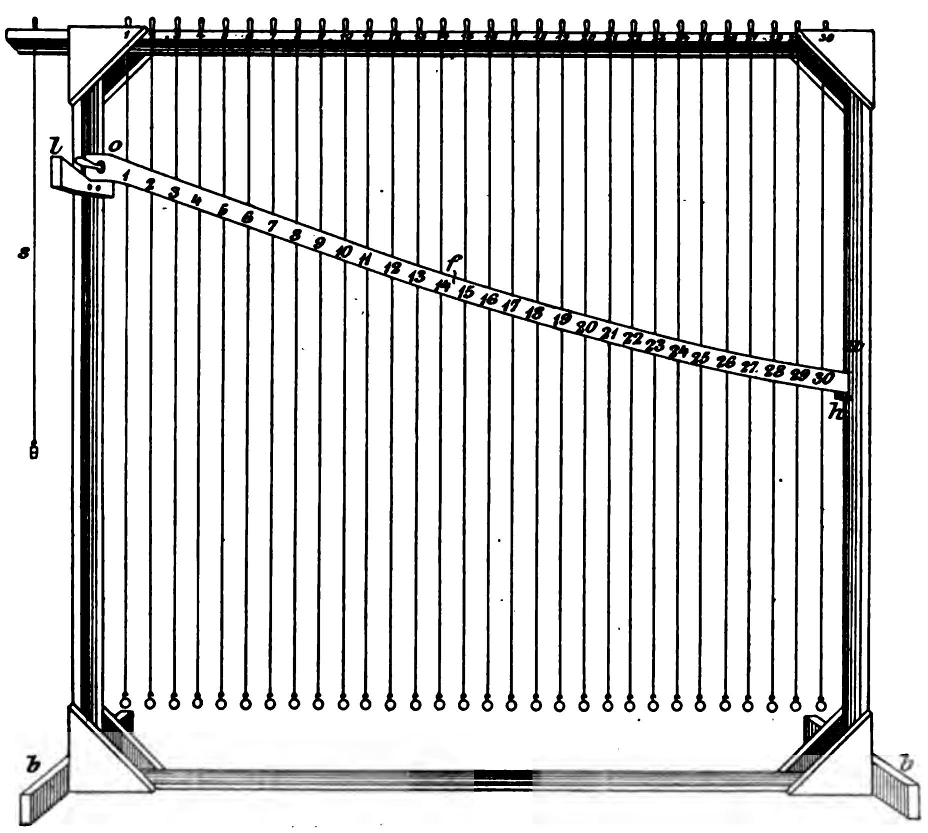


Fig. 1.

Welle bei diesem Apparate durch eine Naturkraft, die Schwere, nach einem sehr exakten Gesetz, dem des Pendels, entsteht, nicht auf einem künstlichen Umwege oder durch das Fortziehen einer Latte mit Hülfe der möglichst gleichmäfsig zu bewegenden Hand.

Die im Folgenden beschriebene, von mir vorgenommene Ausführung eignet sich besonders für gröfsere Räume und für Demonstration vor vielen Personen. Die Kosten betragen etwa 50 M.

Ein rechteckiger Rahmen (Fig. 1) ist zusammengeschraubt aus 2,5 cm dicken und nahezu 6 cm breiten Holzleisten, und zwar einer oberen von 2 m Länge, einer unteren von 1,86 m, zwei vertikal gestellten von 1,78 m Länge. Zur Sicherung dienen an den Ecken 8 dreieckige Bretter mit 15 cm langen Katheten, endlich zwei unten senkrecht zur Ebene des grofsen Rechtecks angebrachte Leisten von derselben Dicke und Breite und je 40 cm Länge. Diese verhindern das seitliche Umfallen und be-

rühren, sobald der Apparat mittels Anfassens an einer Vertikalleiste seitlich gekippt wird, mit je einem Ende den Boden, bis sie nach dem Zurückneigen diesen wieder mit ihrer ganzen Länge berühren. Das Gestell mufs fest gearbeitet sein. In die obere Leiste sind in gleichen Abständen von je 6 cm senkrechte Löcher gebohrt, die oben ziemlich weit sind und durch Holzpflöcke verstopft werden können, unten aber in einer ganz kleinen Öffnung münden. In diese werden 30 gleich lange, dünne, von demselben Stück abgeschnittene Seidenfäden gezogen, und an deren untere Enden 30 Stück 50 g schwere, mit Häkchen versehene Messingkugeln gehängt. Unter die hervorragende Stelle der oberen Leiste wird ein Sekundenpendel *s* in ähnlicher Weise gehängt, und es werden die sämtlichen Pendel derartig justiert, dafs sie alle vier Schwingungen machen, während das Sekundenpendel 5 Sekunden schwingt; die Länge der Pendel ist alsdann 1,5535 m. Man überzeuge sich durch seitliche und Längskippung (Emporheben und Niederstellen einer Vertikallatte), dafs alle Pendel einige Minuten nahezu gleich schwingen, setze die Pflöcke fest ein und klebe die oberen Fadenenden noch mit Wachs auf der Leiste fest. Die Beruhigung der sämtlichen Kugeln ist leicht und rasch durch eine breite rechteckige Pappe zu erreichen, an deren untere Kante man eine Holzleiste horizontal angeschraubt hat.

Durch zwei Holzleisten von 2,5 cm Dicke, an welche inwendig entsprechend geformte Pappen geschraubt sind, wird die Führung *f* hergestellt. Die unteren Kanten der Leisten und Pappen bilden nicht gerade Linien, sondern flache Kurven, die so berechnet sind, dafs durch Andrücken beider Pappen an die Fäden untere Fäden abgeklemmt werden von folgenden Längen (die Berechnung ist die oben angegebene, also $l_1 = \left(\frac{120}{108}\right)^2 . 0,99426$ u. s. w.):

No. *1.*	*2.*	*3.*	*4.*	*5.*	*6.*
1,228 m.	1,205.	1,183.	1,162.	1,141.	1,121.
No. 7.	*8.*	*9.*	*10.*	*11.*	*12.*
1,102 m.	1,083.	1,064.	1,046.	1,028.	1,010.
No. *13.*	*14.*	*15.*	*16.*	*17.*	*18.*
0,994 m.	0,978.	0,962.	0,946.	0,931.	0,916.
No. *19.*	*20.*	*21.*	*22.*	*23.*	*24.*
0,902 m.	0,888.	0,874.	0,860.	0,847.	0,834.
No. *25.*	*26.*	*27.*	*28.*	*29.*	*30.*
0,822 m.	0,809.	0,797.	0,786.	0,774.	0,763.

Zwischen jede Leiste und die zugehörige Pappe ist ein dünnes Wattelager geklemmt. In die Enden der Leisten sind bei *u* von unten her kreisrunde Löcher gebohrt, in welche die rechtwinklig nach oben gebogenen Enden zweier in das Gestell eingeschraubter Haken *h* passen, sodafs die Leisten in horizontaler Richtung gedreht werden können. An der anderen Seite bei *o* (Fig. 1) sind die Leisten unten abgeschrägt, wie es Fig. 2 zeigt, und ruhen auf einem entsprechend oben abgeschrägten Holzstücke *l* (Fig. 2 und 1), welches an das Gestell angeschraubt ist. Für gewöhnlich ruht die Führung auf *h* und *l*, will man aber eine Wellenform fixieren, so ergreift man die beiden in die Holzleisten eingeschraubten Griffe *g* und bewegt dieselben fast horizontal — ein wenig schräg nach aufwärts — auseinander, bis die Fäden nicht mehr von den Pappen berührt werden, während bei *u* die auf den Haken ruhenden Leisten sich an den äufsersten Enden stets berühren. Durch Anwendung der beschriebenen Führung werden folgende Wellenformen hervorgebracht:

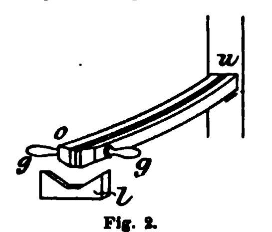


Fig. 2.

Nach 5 Sekunden bilden 24 Kugeln eine halbe Welle von Mittellage zu Mittellage (Fig. 3a),

nach 10 Sekunden stehen No. *1* und *25* in gerader Linie, 24 Kugeln bilden eine ganze Welle (*b*),

nach 20 Sekunden stehen No. *1*, *13*, *25* in gerader Linie, jede Welle hat 12 Kugeln (Fig. 3c),

No. *1* und *11* stehen nach 24, No. *1* und *10* nach $26^2/_3$ Sekunden in einer Geraden, nach 30 Sekunden hat jede Welle 8 Kugeln, No. *1* und *9* etc. stehen in gerader Linie (*d*),

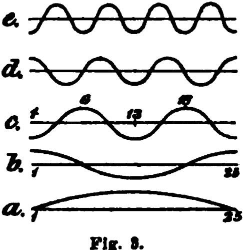


Fig. 3.

nach 40 Sekunden hat jede Welle 6 Kugeln (Fig. 3e),

nach 48 Sekunden sieht man 5 Reihen von geradlinig geordneten Kugeln, z. B. No. *1*, *6* etc.,

nach 60 Sekunden hat jede Welle 4 Kugeln, man sieht deutlich vier gerade Reihen,

nach 80 Sekunden bilden die Kugeln drei gerade, nach 120 Sekunden zwei gerade Linien und nach 240 Sekunden nur eine gerade Linie, d. h. jede Welle reicht von Kugel zu Kugel; nun beginnt das Spiel von neuem.

Rangiert man je 5 Kugeln aus oder nimmt man eine solche Führung, dafs schon Pendel No. *2* dieselbe Länge hat wie nach obiger Ausführung Pendel No. *7*, so entwickeln sich die Wellen viel schneller, und es stehen schon nach 40 Sekunden alle Kugeln wieder in gerader Linie, oder auch für longitudinale Schwingung passend: in derselben Phase. Die Berechnung einer solchen Führung ergiebt sich durch die Ausdrücke

$$l_1 = \left(\frac{120}{96}\right)^2 \cdot l = 1{,}5585,\ l_2 = \left(\frac{120}{102}\right)^2 l = 1{,}3761, \ldots l_{25} = \left(\frac{120}{240}\right)^2 l = 0{,}2486$$

(Halbsekundenpendel u. s. w.). Rangiert man je eine Kugel aus der Führung aus und fügt entsprechend ausgerechnete Pendel hinzu, so bilden die so entstehenden 25 Pendel nach 5 Sekunden eine ganze laufende Welle. Aus diesen Beispielen wird man erkennen, dafs es möglich ist, mit Hülfe einer einzigen Tabelle sehr viel verschiedene Führungen auszuführen.

Zum Schlufs möchte ich noch anführen, dafs mit Hülfe des Apparates auch gewisse Interferenzen hergestellt werden können, indem man nämlich in gewissen Pausen zwei oder mehrere Kippungen nach einander auf die Pendel wirken läfst. Läfst man z. B. die Kugeln nach der ersten Kippung 20 Sekunden schwingen, so entsteht die Form Fig. 4a, wobei die Pfeile andeuten, wie die Kugeln alsdann weiterschwingen wollen. Erteilt man nun genau nach der 20. Sekunde, was unter Beobachtung des Probependels *s* leicht auszuführen ist, eine zweite Amplitude von fast gleicher Stärke in derselben Richtung, so entstehen bei Kugel *6* und *18* Knoten, bei *1*, *13* und *25* verstärkte Elongationen. Gleich darauf fangen zwischen *6* und *18*

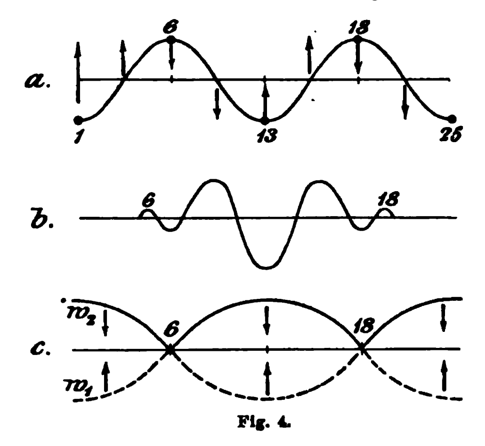


Fig. 4.

immer mehr Wellen an sich zu bilden, und zwar haben die dicht an den Knoten liegenden die kleinste, die davon am entferntesten liegenden die gröfste Amplitude, es erscheint das Bild (Fig. 4b) einer Schlange mit verschieden starken Windungen ähnlich der aus mehreren verschiedenen, z. B. den Tönen *c* und *e* entsprechenden

Wellen zusammengesetzten Schwebungswelle. Die Schlange zeigt immer mehr Windungen, endlich aber, nach 120 Sekunden, von der ersten Kippung an gerechnet, sieht man die Fig. 4c, welche man natürlich fixieren kann. Die Kugeln mit ungerader Nummer bilden die Kurve w_1, die mit gerader Nummer die Kurve w_2, das Ganze ähnelt der Figur, welche eine rasch schwingende Saite im Auge hervorruft.

Bestimmung der Intensität des Erdmagnetismus nebst anderen magnetischen Messungen mittels eines neuen „Dynmessers".

Von

H. Püning in Münster in Westf.

Im folgenden teile ich eine Methode der Bestimmung der Intensität des Erdmagnetismus sowie der Polstärke von Magneten mit, die zwar nicht die Genauigkeit der Resultate der Gaussschen Methode erreicht, dafür aber den Vorzug besitzt, theoretisch höchst einfach zu sein und die gesuchten Gröfsen durch direkte Messung und fast ohne alle Rechnung zu ergeben. Die einzige Vorbedingung für das neue Verfahren ist die, dafs man im Besitze eines Apparates ist, der kleinere horizontal wirkende Kräfte nach Dyn zu messen gestattet. Ein solches Instrument habe ich konstruiert und mit dem Namen „Dynmesser" bezeichnet.

1. Beschreibung des Dynmessers (Fig. 1). Das Instrument mag den Anschein erwecken, als ob es eine Fortbildung des in dieser Zeitschrift *X 72* von J. Kleiber beschriebenen Apparates ist; indessen war mein Dynmesser schon vor dem Erscheinen jenes Aufsatzes fertig und in Benutzung. Der Dynmesser besteht aus einem leichten hölzernen Zeiger *AB* von etwa Streichholzdicke und 20—25 cm Länge, der sich um *O* mit möglichst geringer Reibung in vertikaler Ebene drehen kann. Der untere Teil des Zeigers *OA* ist ein wenig schwerer als der obere *OB*, so dafs der Zeiger, sich selbst überlassen, eine vertikale Stellung einnimmt. Im Punkte *A* ist ein dünnes Frauenhaar *AC* an den Zeiger befestigt, das die zu messende Kraft auf denselben überträgt. Durch die Wirkung der Kraft wird der Zeiger aus seiner vertikalen Lage herausgezogen und zwar um so mehr, je gröfser die Kraft ist. Dabei spielt der Zeiger über einer kreisförmigen Skala, deren Teilstriche so gezogen sind, dafs sie die Gröfse der Kraft ohne weiteres in Dyn angeben. Um diesen Zweck zu erreichen, sind die beiden Zeigerhälften so gegen einander abgewogen, als wenn der ganze Zeiger eine gewichtlose Linie, der Punkt *A* aber mit einem Gewichte von 10 Dyn $= {}^{10}/_{981}$ g $= 0{,}0102$ g belastet wäre. Zudem sind die Teilstriche 1, 2, 3 . . . der Skala so angebracht, dafs die trigonometrischen Tangenten der Ausschlagswinkel die Gröfsen 0,1, 0,2, 0,3 . . . haben.

Um ein vorhandenes Instrument prüfen und eventuell justieren zu können, ist in einem kleinen Fache im Fufsbrette *H* ein kleiner gebogener Draht *a* beigegeben, dessen Gewicht 20 Dyn = 0,0204 g beträgt. Diesen hängt man in ein kleines Loch *D* des Zeigers ein, das so gelegen ist, dafs $OD = {}^1/_2\, OA$ ist. Dadurch mufs der Zeiger in ein völlig indifferentes Gleichgewicht kommen, mithin auch in horizontaler Lage ruhig verharren. Ist dies nicht der Fall, so wird ein kleines Papierfähnchen *E*, das den Zeiger mit einiger Reibung umschliefst, so verschoben, dafs der Zeiger, horizontal liegend, in Ruhe ist. Da durch die nachträgliche Anknüpfung des Haares das Gleichgewicht wieder gestört würde, so ist das Haar vor der Justierung an den Zeiger zu befestigen und während derselben mit seinem anderen Ende, an dem sich

eine kleine Schleife befindet, an einen Stift *J* zu hängen, der sich oben an der Ecke der Skala in gleicher Höhe mit der Achse befindet (vgl. Fig. 2). Auf diese Weise wird das halbe Gewicht des Haares, wie notwendig, bei der Justierung berücksichtigt.

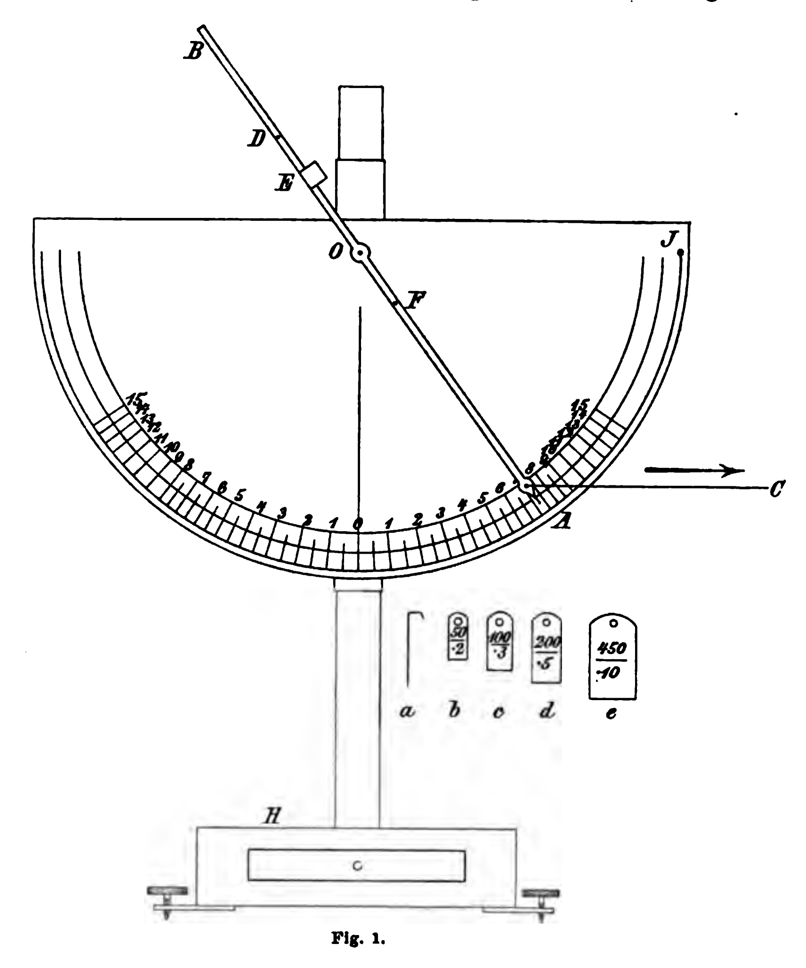


Fig. 1.

Zur Vollendung der Justierung nimmt man den Draht *a* vom Zeiger fort und sieht zu, ob sich nunmehr der Zeiger auch genau senkrecht stellt. Ist dieses nicht der Fall, so dreht man das Papierfähnchen, ohne es von seiner Stelle zu verschieben, in eine solche Richtung (vgl. Fig. 2b), dafs durch die damit verbundene Schwerpunktsverlegung der Zeiger die lotrechte Richtung erhält. Das Haar hält man bei dieser letzten Prüfung am besten senkrecht zur Ebene der Skala.

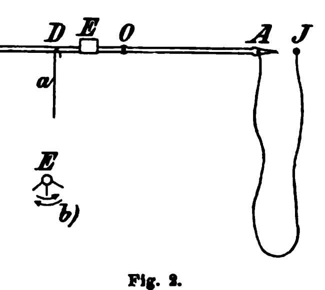


Fig. 2.

Mit dem justierten Dynmesser lassen sich kleinere Kräfte bis auf Zehntel Dyn genau messen. Es ist dabei noch nötig, dafür zu sorgen, dafs das Instrument vertikal steht, und die Richtung der Kraft, der Voraussetzung entsprechend, horizontal ist. Um letzteres zu erreichen, sind Skala und Zeiger längs der Säule, an der sie sich befinden, verschiebbar.

Während mit dem Instrumente, wie es beschrieben ist, sich Kräfte bis zu 10 bis 15 Dyn messen lassen, kann man durch passende Belastung des Zeigers dieses Gebiet e r w e i t e r n. Zu diesem Zwecke ist am Zeiger in *F*, wobei $OF = \frac{1}{5}\, OA$ ist, ein kleiner Stift zum Aufhängen von Gewichten angebracht. Diese sind von dünnem

Bleche (Fig. 1: *b*, *c*, *d*, *e*) und 50 Dyn, 100 Dyn, 200 Dyn und 450 Dyn schwer, und sind ebenfalls in dem Fache des Fufsbrettes untergebracht. Wird eins dieser Gewichte an den Stift *F* gehängt, so hat man die Zahl der Skala, auf welche der Zeiger weist, mit 2, 3, 5 oder 10 zu multiplizieren, um die Anzahl der Dyn zu erhalten. Der betreffende Multiplikationsfaktor ist (aufser der Dynzahl) auf jedem Bleche verzeichnet. Es empfiehlt sich, beim Gebrauche des Dynmessers durch Anhängen eines dieser Gewichte grofse Zeigerausschläge zu vermeiden, einmal weil die Skalenstriche sich hier nahe zusammendrängen, und dann, weil bei grofsen Ausschlägen sich eine Fehlerquelle besonders bemerkbar macht, die darin ihren Grund hat, dafs die Kraftrichtung vielleicht einmal nicht genau horizontal ist. Ist nämlich das zweite Ende des Haares etwa an einer Magnetnadel befestigt, deren Richtkraft untersucht werden soll, so müssen eben beide Endpunkte des Haares gleich hoch liegen. Eine geringe Abweichung hiervon macht sich vorzugsweise bei grofsen Zeigerausschlägen geltend, während ihr Einflufs bei kleineren Ausschlägen ohne Belang ist.

Ein Dynmesser ist in guter Ausführung ein wirkliches Präzisionsinstrument. Seine Anwendung ist einfach und leicht und hat den Vorzug, dafs die damit angestellten Messungen von einem Auditorium verfolgt werden können. In einzelnen Teilen, z. B. der Achsenlagerung des Zeigers, sowie der Art, wie die vertikale Verschiebung ermöglicht wird, kann der Dynmesser natürlich verschieden ausgeführt werden, worauf hier jedoch nicht eingegangen werden soll. Die Teilung des Kreisbogens, in Fig. 1 nur auf halbe Dyn durchgeführt, ist in Wirklichkeit auf Zehntel Dyn fortzusetzen.

2. Versuche. Einleitendes. Zu den folgenden magnetischen Versuchen benutzte ich lange Nadeln, und zwar einfach die in den Handel kommenden längsten Stricknadeln von etwa 38 cm Länge und 15 g Gewicht. Beim Magnetisieren derselben darf man nicht gar zu unaufmerksam verfahren, da sonst die beiden Pole einer Nadel leicht ungleich stark ausfallen und die Indifferenzzone nicht in die Mitte der Nadel zu liegen kommt, was unnütze Complikationen herbeiführen würde. Die langen Nadeln bieten den Vorteil, dafs bei ihnen die Pole soweit von einander entfernt liegen, dafs man, sehr zu Gunsten der theoretischen Vereinfachung, mit dem einzelnen Pole operieren kann, ohne durch den anderen merklich gestört zu werden. Befürchtet man dennoch eine solche Störung, so kann man zwei Nadeln mit den entgegengesetzten Polen an einander binden, wodurch man gewissermafsen eine Nadel von doppelter Länge erhält. Vorbedingung für das Experimentieren mit einem einzelnen Pole ist aber, dafs man dessen Lage kennt. Taucht man die eine Hälfte einer Nadel, etwa die Nordhälfte, in Eisenfeilspäne, so hängen sich viele Eisenteilchen an dieselbe und zwar um so mehr, je näher dem Endpunkte. Denkt man sich die anziehende Wirkung durch eine auf der Nordhälfte der Nadel verteilte hypothetische magnetische Masse hervorgerufen, so ist, wenn man die Bärte ansieht, ohne weiteres klar, dafs der Schwerpunkt dieser magnetischen Masse — und dies ist der Pol — nicht an der Spitze der Nadel, sondern eine gewisse Strecke davon entfernt liegen mufs. Diese Entfernung bestimmte ich bei meinen Nadeln auf 2,7 cm und zwar auf folgende Weise. Ich nahm eine kleine Magnetnadel *C* (Fig. 3), die sich über einem genau geteilten Kreise drehte (unsere Tangentenbussole lieferte mir eine solche),

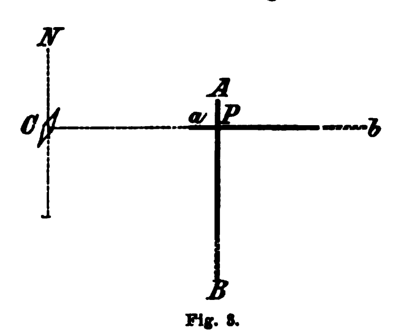


Fig. 3.

stellte sie auf den Tisch hin und brachte nun die Stricknadel, die ich ebenfalls auf den Tisch legte, erst in die Lage ab, wobei ich mir die Ablenkung der Bussole C merkte, darauf in die Lage AB, die so gewählt wurde, dafs die Ablenkung der Bussole genau dieselbe war wie vorher und zugleich $Pa = PA$ wurde. Dann war der Kreuzungspunkt P der Pol und $Pa = 2{,}7$ cm. Bei diesem Versuche wurde die Strecke CP etwa 25—30 cm grofs genommen, und der Sicherheit wegen zwei Nadeln zusammengebunden verwendet wie oben gesagt. Nimmt man CP erheblich kürzer, so fällt das gesuchte Pa zu klein aus, da bei kurzen Entfernungen die magnetische Masse der Nadelhälfte nicht so wirkt, als ob sie in ihrem Schwerpunkte vereinigt wäre (vgl. unter 3). Die zweite Nadellage AB kann bei diesem Versuche auch durch eine vertikale Nadelstellung ersetzt werden.

3. Coulombsches Gesetz. Der Dynmesser eignet sich sehr zum Nachweise des Gesetzes, dafs die magnetische Anziehung oder Abstofsung zweier Pole mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt. Ich hing mittels eines langen Frauenhaares eine der langen magnetisierten Nadeln so auf, dafs sie sich einige cm über der Tischplatte in horizontaler Ebene frei drehen konnte. In Fig. 4 stellt ns diese Nadel, von oben gesehen, vor; NS ist die Richtung des magnetischen Meridians. An den Südpol P befestigte ich das Haar des Dynmessers D, indem ich die Endschleife des Haares über die Nadel streifte, und brachte ihm den Südpol s_1 einer zweiten Nadel so gegenüber, wie die Figur anzeigt. Durch die Abstofsung wird der Pol s zuerst zurückgedrängt. Dadurch gelangt aber der Zeiger des Dynmessers in eine schräge Stellung und man kann nun, indem man den Dynmesser ein wenig zurück- oder heranschiebt, dem Verbindungshaare PD eine solche Spannung geben, dafs die Nadel ns wieder genau in die Richtung des magnetischen Meridians gelangt. Alsdann kann man die Gröfse der abstofsenden Kraft am Dynmesser ablesen. Zu erwähnen ist hierbei, dafs bei der vorliegenden Anordnung die übrigen Pole nicht stören, da die zwischen n und s_1 bestehende Anziehung von der Anziehung zwischen s und n_1 kompensiert wird, die Pole n und n_1 aber zu weit von einander abstehen, um eine störende Wirkung auszuüben. Variiert man nun den Polabstand a, so mufs sich zeigen, ob die abstofsende Kraft dem Quadrate des Polabstandes umgekehrt proportional ist. Thatsächlich findet man dieses Gesetz bestätigt; indessen darf man den Polabstand nicht zu gering nehmen, sonst fällt die Kraft kleiner aus, als zu erwarten ist, was wieder seinen Grund darin hat, dafs der Magnetismus der Nadelhälften nur bei hinreichenden Entfernungen als im Pole vereinigt angesehen werden kann.

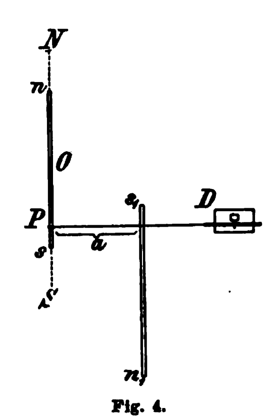


Fig. 4.

4. Die beschriebene Methode hat vor anderen den Vorzug, dafs sie ohne weiteres zur Bestimmung der Polstärke der beiden Magnetnadeln führt. So hatte ich zwei Nadeln, deren Pole sich bei 20 cm Abstand mit 2,75 Dyn abstiefsen. Bezeichnet man die Polstärken der Nadeln mit m und m_1, so ergiebt sich die Gleichung

$$\frac{m\,m_1}{20^2} = 2{,}75,$$

woraus $m\,m_1 = 1100$ folgt. Sind die Nadeln nun gleich stark magnetisch, was gewöhnlich der Fall ist, wenn man beide beim Magnetisieren gleich behandelt, so ist $m = m_1 = \sqrt{1100} = 33{,}2$ abs. Einheiten. Hat man ungleich starke Nadeln, so benutzt

man drei Nadeln und gewinnt durch drei verschiedene Versuche Werte für die Gröfsen $m m_1$, $m m_2$ und $m_1 m_2$, woraus sich dann m, m_1 und m_2 leicht berechnen lassen.

5. **Bestimmung der Intensität des Erdmagnetismus.** Der Erdmagnetismus wirkt bekanntlich mit seiner vollen Stärke nur in der Richtung der Inklinationsnadel. Bei den gewöhnlichen, sich in horizontaler Ebene drehenden Nadeln kommt nur eine Komponente des Erdmagnetismus, die sog. Horizontalintensität H, zur Geltung. Dieselbe wird bemessen nach der Gröfse der Kraft, mit der ein Pol von der abs. Stärke „Eins" in horizontaler Richtung angegriffen wird. Hat ein Pol die Stärke m, so wird er also mit der Kraft $m H$ angegriffen. Dieses $m H$ wird durch den Dynmesser direkt gemessen. Ich hänge eine der langen Magnetnadeln an einem langen Frauenhaar wieder so auf, dafs sie horizontal einige cm über der Tischplatte schwebt. Dann befestige ich das Haar des Dynmessers D an dem einen Pole der Nadel und zwinge diese durch eine passende Aufstellung des Dynmessers D in eine west-östliche Richtung hinein (vgl. Fig. 5). Alsdann lese ich am Dynmesser die Gröfse der hierzu erforderlichen Kraft ab; dieselbe sei gleich f Dyn. Da nun durch diese Kraft nicht allein diejenige Zugkraft aufgehoben werden mufs, welche der Erdmagnetismus auf denjenigen Pol ausübt, an dem das Haar geknüpft ist, sondern auch die gleich grofse, auf den anderen Pol wirkende, so ist

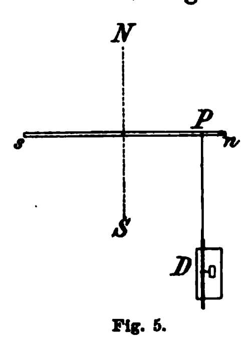


Fig. 5.

$$m H = \frac{f}{2} \qquad \text{1)}$$

Hat man die Polstärke m der benutzten Nadel vorher bestimmt, so erhält man aus der vorstehenden Gleichung den Wert von H ohne weiteres. Kennt man sie nicht, so hat man eine zweite Gleichung zwischen m und H aufzustellen. Dazu empfiehlt sich folgender einfacher Versuch, den ich auch in meinem Lehrbuche der Physik angeführt habe.

Man nähert den einen Pol der eben benutzten langen Magnetnadel von der Seite her einer kleinen Bussolennadel B (Fig. 6) und zwar so weit, dafs diese um 45° aus ihrer Richtung abgelenkt wird. Ist dann der Abstand des Poles P von der Bussole B gleich a cm, so ist also die Intensität des vom Pole P erzeugten magnetischen Feldes im Abstande von a cm vom Pole gleich der Horizontalintensität H des Erdmagnetismus. Die Intensität des magnetischen Feldes um den Pol in 1 cm Abstand, bezw. die Polstärke selbst, ist somit $a^2 H$. Es ist also

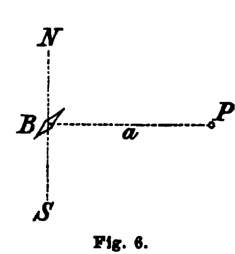


Fig. 6.

$$m = a^2 H \qquad \text{2)}$$

Aus (1) und (2) folgt

$$H = \sqrt{\frac{f}{2}} : a \text{ abs. Einheiten des } CGS\text{-Systems.}$$

Nach der vorstehenden Formel habe ich wiederholt Messungen angestellt. Bei einer Nadel fand ich $f = 11{,}5$ Dyn, $a = 12{,}8$ cm; es wurde dann $H = 0{,}187$ abs. Einh. Mit einer anderen, etwas stärkeren Nadel fand ich $f = 12{,}6$ Dyn, $a = 13{,}4$ cm; es ergab sich daraus $H = 0{,}188$ abs. Einh. Eine dritte Nadel lieferte $f = 10$ Dyn, $a = 12$ cm, folglich $H = 0{,}186$ abs. Einheiten. In einem hiesigen wissenschaftlichen Vereine, in dem ich meine Methode im Februar d. J. erläuterte, fand ich $H = 0{,}187$ abs. Einheiten.

Ich führe diese Zahlen an, um ein Urteil über die Genauigkeit der Methode zu ermöglichen, und bemerke dazu, dafs nach III, 1, S. 30 dieser Zeitschrift die Horizontalintensität des Erdmagnetismus zur Zeit für Köln 0,1898, für Düsseldorf 0,1886, Hannover 0,1856 abs. Einh. beträgt. Die Methode liefert also trotz ihrer Einfachheit Resultate, die wenigstens für Demonstrationszwecke die wünschenswerte Genauigkeit voll erreichen. Der Sicherheit wegen bestimmt man übrigens am besten die Gröfse a sowohl für den Nord- wie Südpol der Nadel und nimmt, wenn beide Werte nicht genau übereinstimmen, aus ihnen das Mittel.

6. Eine andere Methode, die Intensität des Erdmagnetismus zu bestimmen, ist folgende. Man nimmt zwei Magnetnadeln und macht mit jeder den ersten unter 5. beschriebenen Versuch, so dafs man also folgende Gleichungen erhält

$$m H = \frac{f}{2} \text{ und } m_1 H = \frac{f_1}{2}.$$

Aus beiden ergiebt sich

$$m m_1 H^2 = \frac{f f_1}{4}$$

$$\text{und } H = \frac{1}{2} \sqrt{f f_1 : m m_1}.$$

Hierin bestimmt man das noch unbekannte $m m_1$ durch den unter 4. angegebenen Versuch, indem man die Abstofsung der Pole unter sich mifst. Auch nach diesem Verfahren habe ich H bestimmt und ungefähr übereinstimmende Werte gefunden. Indessen ist die Methode nicht so empfehlenswert, wie die vorhergehende, einmal weil sie drei statt zwei Messungen erfordert, und dann weil die Gröfse von $m m_1$ (aus dem am Schlusse von 3. angegebenen Grunde) leicht etwas zu klein ausfällt.

8. Die bei den vorstehenden Versuchen durch den Dynmesser direkt gemessene Gröfse $m H$ läfst sich auch aus Schwingungsversuchen ableiten. Indessen verstehen sich die Obersekundaner, denen der Magnetismus schulplanmäfsig in Preufsen vorzutragen ist, noch nicht auf die Pendelformeln, weswegen hier diese Methode versagt. Dagegen möchte sich für die Unterprima, wenn die Pendelgesetze durchgenommen sind, das umgekehrte Verfahren zur Bestätigung dieser Gesetze empfehlen. Ich meine folgendermafsen: Man nimmt eine lange magnetisierte Nadel, mifst mittels des Dynmessers die Kraft $m H$, womit jeder Pol vom Erdmagnetismus angegriffen wird, mifst die Länge der Nadel, stellt ihr Gewicht fest und berechnet ihr Trägheitsmoment. Aus dem Drehungs- und Trägheitsmoment ergiebt sich dann nach den Pendelgesetzen die Schwingungsdauer. Nun macht man den Schwingungsversuch und überzeugt sich, dafs die Nadel thatsächlich in der berechneten Zeit ihre Schwingungen ausführt. Ich habe diesen Versuch angestellt und die für die benutzte Nadel vorausberechnete einfache Schwingungsdauer (8,5 Sek.) genau bestätigt gefunden. In dieser Weise ermöglicht der Dynmesser also noch ein instruktives Experiment zum Nachweise der Pendelgesetze.

Die Herstellung und der Vertrieb des Dynmessers, D.R.G.M. No. 75750, ist von mir dem Herrn Ferdinand Ernecke in Berlin (S.W., Königgrätzerstr. 112) übertragen, der den Apparat in hochfeiner und sehr präziser Ausführung zum Preise von 75 Mark, in einfacherer, jedoch auch tadelloser Ausführung zu 30 Mark liefert.

Ein Modell zur Demonstration der Drehung der Polarisationsebene durch Reflexion.

Von

Dr. **H. Siedentopf** in Greifswald.

Dem Wunsche, die geänderte Natur des reflektierten Lichtes verständlich zu machen, entsprang die Construktion eines Modells, das insbesondere die Drehung der Polarisationsebene[1]) durch Reflexion an durchsichtigen isotropen Medien darzustellen bestimmt ist.

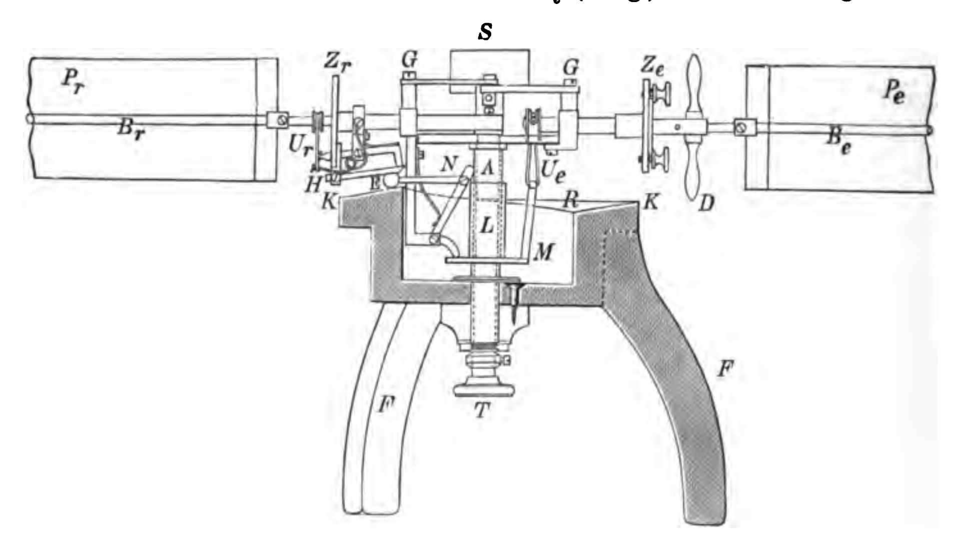
Bezeichnet α das Azimut der P.E. der einfallenden, β das der reflektierten ebenen Welle gegen die Einfallsebene, φ_e und φ_d den Einfalls- und Brechungswinkel, so gilt[2])

$$1)\qquad \operatorname{tg}\beta = \operatorname{tg}\alpha \cdot \frac{\cos(\varphi_e + \varphi_d)}{\cos(\varphi_e - \varphi_d)}.$$

Die Drehung hängt danach ab vom Azimut der einfallenden Welle, dem Einfallswinkel und dem Brechungsindex der reflektierenden Fläche. Die Abhängigkeit vom Brechungsindex ist für die Drehung von nicht erheblichem Interesse. Eine Veränderung des Brechungsindex hat nur eine Verschiebung des Polarisationswinkels zur Folge und dafs die Drehung gegen die Einfallsebene mit wachsendem Index geringfügig zunimmt.

Eine Modellconstruktion verlangt sonach die mechanische Ausführung einer Drehung, die nach 1) in gesetzmäfsigem Zusammenhang zu zwei von einander unabhängigen Drehungen von φ_e und α steht.

Der Plan zur strengen Lösung[3]) dieses Problems war folgender: Der einfallende Strahl — am Modell durch eine dünne Blechröhre B_e (s. Fig.) markiert — liege fest in der



Horizontalebene und in dieser drehe sich der reflektierte, B_r. An beiden sei durch eine etwa aus Karton geschnittene viereckige ebene Fläche P_e und P_r die P.E. markiert und ferner seien die Flächen um jeden Strahl vermittelst der Schnüre U_e und U_r drehbar. Die P.E. des einfallenden Strahls sei unter 45° gegen die Einfallsebene befestigt. Die Formel 1) für die Drehung vereinfacht sich, indem für diesen Fall $\operatorname{tg}\alpha$ gleich Eins wird. Dreht man jetzt den reflektierten Strahl und verändert so den Einfallswinkel von 0° bis 90°, so kann man durch einen Winkel-

[1]) Im folgenden abgekürzt in P.E.

[2]) cf. W. Voigt, Comp. der theoret. Physik II, 626; 1896.

[3]) Von A. Cornu (Diss. Paris 1867, S. 106) ist früher bereits ein Modell construiert. Es stützt sich darauf, dafs 2 Kreuzhebel eine Drehung nach obiger Formel übertragen. Zur Demonstration ist es wenig geeignet, da es nur eine bescheidene Änderung des Einfallswinkels zuläfst.

hebel H bewirken, dafs sich hierbei der Winkel β nach 1) ändert. Offenbar mufs sich ein Endpunkt E des Hebels auf einer Raumkurve bewegen, die sich auf einen Kreiscylinder zeichnen läfst. Zur Berechnung dieser Kurve hat man nach 1) unter Zugrundelegung eines bestimmten Brechungsindex für etwa von 5 zu 5° abstehende Werte von φ_e das zugehörige β, daraus die Werte von $\sin\beta$ zu berechnen und diese sämtlich je nach der Länge der Arme des Winkelhebels um eine constante Gröfse zu vermehren. Zeichnet man aus diesen Werten von $\sin\beta + \text{Const.}$ als Ordinaten und φ_e als Abscissen eine Kurve, klebt diese Zeichnung auf einen Kreiscylinder, so hat man die Kurve, auf der sich der Fufspunkt des Winkelhebels bei einer Drehung des reflektierten Strahls gegen den festen einfallenden bewegen mufs, damit die P.E. des ersteren die durch 1) vorgeschriebene Drehung ausführt. Die Gestalt dieser in der Ebene ausgebreiteten Kurve ergiebt sich aus der Bemerkung, dafs sie von $\varphi_e = 0$ bis $\varphi_e = 90°$ zuerst langsam, dann schneller wächst und beim Polarisationswinkel ihre mittlere Ordinate besitzt.

Die Einrichtung wird verwickelter, wenn zugleich die Abhängigkeit vom Azimut der P.E. der einfallenden Welle dargestellt werden soll. Hier kann man folgenden Gedanken benutzen. Bezeichnet man mit $\bar{\beta}$ das Azimut der P.E. der reflektierten Welle, das für irgend einen Einfallswinkel zum Werte $\alpha = 45°$ gehört, so kann man für 1) auch schreiben:

$$2) \qquad \operatorname{tg}\beta = \operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\bar{\beta}.$$

Diese Relation erfüllen die trigonometrischen Tangenten dreier Kantenwinkel eines Tetraeders, das eine rechtwinklige Ecke besitzt. Verbindet man den auf obige Raumkurve sich stützenden Winkelhebel mit einem solchen rotierenden Tetraeder, dessen Seiten verstellbar sind, so ist im Prinzip die Zusammensetzung zweier Drehungen zu einer dritten, die mit jenen in der durch 1) gegebenen Beziehung steht, gegeben.

Da aber die Herstellung eines solchen Tetraeders mechanische Schwierigkeiten bereitet, so wurde ein Modell construiert, durch welches auf andere Weise das Problem gelöst wurde.

Man zeichnet die Cylinderkurve für um etwa 10° abstehende Werte von α, und wählt dabei die Cylinderradien verschieden grofs, derart, dafs sie mit wachsendem α abnehmen; hierauf wickelt man sie auf den zugehörigen coachsialen Cylindern auf und schneidet diese oben längs der Kurven ab. Interpoliert man noch die den übrigen Werten von α entsprechenden conzentrischen Cylinderkurven, was annähernd linear geschehen kann, so erhält man eine ringförmige Fläche R, von der man sich annähernd eine Vorstellung bilden kann, wenn man eine ebene ringförmige Fläche an zwei gegenüberliegenden Stellen nach der Innenseite zu biegt und zwar an der einen, einem Einfallswinkel von 0° entsprechenden Stelle nach unten, an der andern nach oben. Die äufsere Randkurve der Fläche ist ein Kreis KK; beim Polarisationswinkel liegt in ihr und in der Kreisebene eine radiale gerade Linie. Die Cylinderkurven steigen sämtlich mit wachsendem φ_e und zwar zuerst langsam, nachher schneller. Auch wächst die Steigung mit wachsendem α und wächst erheblich immer mehr in der Nähe des Polarisationswinkels. Für $\alpha = 90°$ findet dort ein plötzlicher Sprung[4]) von unten nach oben statt. Da sich praktisch die schnelle Änderung von β in der Nähe des Polarisationswinkels für annähernd senkrechte Lagen der P.E. der einfallenden Welle nicht mehr beobachten läfst, so wurden auch im Modell nur Werte von $\alpha = 0$ bis etwa $\alpha = 80°$ aufgenommen. Auf der Gestalt der Fläche R beruht die Wirkungsweise des Apparates.

Bewegt sich der Stützpunkt E des Winkelhebels auf einer Cylinderkurve dieser Fläche, die zu irgend einem bestimmten Wert α_0 gehört, so dreht der Winkelhebel H die P.E. der reflektierten Welle bei einer Veränderung des Einfallswinkels genau in der theoretisch vorgeschriebenen Weise.

[4]) Man gewinnt die Auffassung einer stetigen Anderung der Eigenschaften des reflektierten Lichtes auch in diesem besonderen Falle, wenn man berücksichtigt, dafs gleichzeitig die Intensität verschwindet.

Man könnte nun äquidistanten Werten von α entsprechende Cylinderkurven mit diesen Zahlwerten von α auf der Fläche bezeichnen und die Veränderung der Lage der P.E. der reflektierten Welle mit einer Veränderung der Lage der P.E. der einfallenden Welle dadurch demonstrieren, dafs man den Hebelstützpunkt der Reihe nach auf die verschiedenen Cylinderkurven einstellt. Übersichtlicher gestaltet sich die Demonstration, wenn man durch einen Mechanismus *L M N* direkt die Drehung der P.E. der einfallenden Welle am Hebelarm *D* in eine radiale Verschiebung des Stützpunktes *E* auf der Fläche *R* übersetzt. Die an der zentralen Achse *A* befestigte Blechröhre B_r, die den reflektierten Strahl repräsentiert, läfst sich durch die Schraube *T* drehen, die sich unter dem Fufse *F* befindet. Über der Achse *A* ist ein Spiegel *S* an den beiden Blechröhren B_e und B_r durch das Gelenk *GG* so befestigt, dafs bei einer Drehung des reflektierten Strahls B_r durch die Schraube *T* der Spiegel *S* um den halben Winkel gedreht wird; dadurch liegen der einfallende und der reflektierte Strahl jederzeit symmetrisch zur Spiegelnormale. Die Winkel der P.E. gegen die Einfallsebene können an den Kreisteilungen Z_e und Z_r abgelesen werden.

Nach diesen Ideen wurde vom Mechaniker des physikalischen Instituts zu Göttingen, Herrn C. Köhler, in zweckentsprechender Weise die Modellconstruktion ausgeführt.

Zum Schlufs mag darauf aufmerksam gemacht werden, dafs das Modell auch eine Erscheinung zu demonstrieren gestattet, welche bisher wohl noch nicht hervorgehoben ist und die ich auch als geeignet zur Bestimmung des Polarisationswinkels befunden habe. Fällt nämlich links rotierend linear polarisiertes Licht ein, so wird es als rechts oder links rotierend linear polarisiertes Licht von durchsichtigen isotropen Medien zurückgeworfen, je nach dem der Einfallswinkel kleiner oder gröfser ist als der Polarisationswinkel.

Über die Verwendung der Elektrolyse in der organischen Chemie.

Von

Dr. **H. Böttger** in Berlin.

I.

Die erste Zerlegung einer organischen Verbindung durch den elektrischen Strom wurde im Jahre 1849 von Kolbe ausgeführt, welcher in der Absicht, experimentelle Beweise für die Richtigkeit seiner Auffassung der organischen Säuren als gepaarter Verbindungen zu erbringen, das Natriumacetat in wässeriger Lösung elektrolysierte, um auf diese Weise die beiden von ihm in der Essigsäure angenommenen Paarlinge, Methyl und Oxalsäure, zu erhalten (*Liebigs Ann. 69, 257; 1849*). Leitet man den elektrischen Strom durch eine concentrierte Lösung von Natriumacetat — man kann dazu zwei Platinelektroden benutzen, von denen sich jede in einer unten offenen und nahe dem oberen Ende mit einem seitlichen Ansatzrohr versehenen weiten Glasröhre befindet —, so entsteht an der Kathode Wasserstoff, an der Anode ein Gemisch von Kohlendioxyd und Äthan. Nach der heutigen Auffassung ist das Natriumacetat in der wässerigen Lösung in die beiden Ionen $\overset{+}{Na}$ und $(\overline{CH_3 . COO})$ gespalten, welche beim Einsenken der mit der Elektrizitätsquelle verbundenen Elektroden ihre Ladungen an der Kathode und Anode abgeben und sich in elektrisch neutrale Atome resp. Atomgruppen verwandeln. Das Natriumatom wirkt dann in bekannter Weise auf das Wasser unter Wasserstoffentwicklung ein, während der für sich nicht existenzfähige Säurerest der Essigsäure auf einen gleichartigen Säurerest einwirkt, wobei nach der Gleichung

$$CH_3 . COO + CH_3 . COO = C_2H_6 + 2\,CO_2$$

Äthan und Kohlendioxyd entstehen. Ist die Anzahl der Acetat-Ionen gering und erfolgt ihre Entladung an der Anode zu langsam — ist also die Lösung vom Natriumacetat verdünnt und die Stromdichte gering —, so treffen die entladenen Ionen seltener mit einander als mit Wassermolekülen zusammen, sodafs in diesem Falle an der Anode wieder Essigsäure gebildet wird, während Sauerstoff entweicht, gemäfs der Gleichung

$$2\,CH_3 . COO + H_2O = 2\,CH_3 . COOH + O.$$

Die Elektrolyse erfolgt dann in derselben Weise, wie diejenige eines Alkalisalzes einer Sauerstoffsäure (vgl. über das verschiedene Verhalten der Natriumacetatlösungen bei der Elektrolyse die Abhandlung von Murray in *Chemical News 64, 272; 1891*).

Im Jahre 1864 untersuchte Kekulé (*Liebigs Ann. 131, 79; 1864*) das Verhalten des bernsteinsauren und des fumarsauren Natriums und fand, dafs an der Anode neben Kohlendioxyd in dem ersteren Falle Äthylen, im zweiten Acetylen entsteht. Dieses Verhalten wird verständlich, wenn man bedenkt, dafs bei der Bernsteinsäure Anionen von der Zusammensetzung $\begin{matrix} CH_2.COO \\ | \\ CH_2.COO \end{matrix}$, bei der Fumarsäure solche von der Zusammensetzung $\begin{matrix} OOC.CH \\ \| \\ CH.COO \end{matrix}$ entstehen, welche dann unter Abspaltung von je 2 Mol. Kohlendioxyd Äthylen $\begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CH_2 \end{matrix}$ und Acetylen $\begin{matrix} CH \\ ||| \\ CH \end{matrix}$ liefern.

Nach Kekulés Versuchen wurde die Untersuchung der bei der Elektrolyse organischer Verbindungen entstehenden Produkte lange Zeit hindurch vernachlässigt. Erst im Jahre 1891 wurde wieder eine den Gegenstand betreffende Arbeit von Crum Brown und James Walker veröffentlicht (*Liebigs Ann. 261, 107; 1891*), bei der sich ergab, dafs die bei der Elektrolyse abgeschiedenen Anionen unter Umständen zusammentreten und zum Aufbau kohlenstoffreicherer Verbindungen dienen können. Das Ausgangsmaterial bildeten wie bei Kekulés Versuchen zweibasische organische Säuren; jedoch verwandten die genannten Chemiker nicht die Neutralsalze derselben, sondern Verbindungen, in denen nur in einer Carboxylgruppe das Wasserstoffatom durch ein Metall ersetzt ist, während in der zweiten Carboxylgruppe an die Stelle des Wasserstoffs ein Alkyl getreten ist. Die einfachste untersuchte Säure war die Malonsäure. (Die Anionen der Oxalsäure zerfallen zumeist glatt in Kohlendioxyd, worauf die Anwendung dieser Säure bei der quantitativen Analyse durch Elektrolyse beruht, wie sie besonders von Classen durchgeführt worden ist.) Das Äthyl-Kaliumsalz der Malonsäure, $CH_2 . \begin{matrix} COOC_2H_5 \\ COOK \end{matrix}$ liefert die beiden Ionen $\overset{+}{K}$ und $\left(CH_2 . \begin{matrix} COOC_2H_5 \\ COO \end{matrix}\right)^{-}$, und es zeigte sich nun, dafs bei der Elektrolyse dieser Verbindung unter Austritt von 2 Mol. Kohlendioxyd an der Anode der Äthylester der Bernsteinsäure entstand. Die nachstehende Gleichung veranschaulicht diesen Vorgang

$$\begin{matrix} CH_2 \begin{matrix} COOC_2H_5 \\ COO \end{matrix} \\ CH_2 \begin{matrix} COO \\ COOC_2H_5 \end{matrix} \end{matrix} = 2\,CO_2 + \begin{matrix} CH_2 . COOC_2H_5 \\ | \\ CH_2 . COOC_2H_5 \end{matrix} .$$

In ähnlicher Weise wurde eine weitere Anzahl von kohlenstoffreicheren Verbindungen synthetisch mittels der Elektrolyse dargestellt. Das Äthyl-Kaliumsalz der Bernsteinsäure lieferte in ähnlicher Weise den Äthylester der Adipinsäure ($C_4H_8 . (COOC_2H_5)_2$), das Äthyl-Kaliumsalz dieser Säure den Äthylester der Sebacinsäure ($C_8H_{16} . (COOC_2H_5)_2$): allgemein kann man aus dem Äthyl-Kaliumsalz einer Dicarbonsäure $C_nH_{2n-2}O_4$ den Äthylester einer anderen Dicarbonsäure $C_{n'}H_{2n'-2}O_4$ erhalten, wo $n' = 2(n-1)$ ist. Die kohlenstoffreichste Verbindung, welche auf diese Weise dargestellt wurde, war der aus dem Äthyl-Kaliumsalz der Sebacinsäure entstehende Äthylester der normalen Hexadekandicarbonsäure: $(CH_2)_{16} . (COOC_2H_5)_2$.

Geht man statt von den normalen Säuren von isomeren Verbindungen aus, so entstehen bei der Elektrolyse isomere Verbindungen von höherem Kohlenstoffgehalt. So liefert die Isobernsteinsäure (Methylmalonsäure) die symmetrische Dimethylbernsteinsäure in ihren beiden Formen: der maleïnoiden und der fumaroiden, und in ähnlicher Weise entstanden bei der Elektrolyse des Äthyl-Kaliumsalzes der Äthylmalonsäure (einer isomeren Verbindung der Brenzweinsäure) die beiden stellungsisomeren Formen der symmetrischen Diäthylbernsteinsäure (siehe Crum Brown und J. Walker in *Liebigs Ann. 274, 41; 1893*).

Eine Ergänzung zu den im Vorstehenden beschriebenen Synthesen von Crum Brown und Walker bilden die von v. Miller gemeinsam mit Hofer ausgeführten Versuche (*Ber. d. chem. Gesellsch. 28, 2427; 1895*). Diese Chemiker unterwarfen die von C. Brown und Walker

angewandten Estersalze zweibasischer Säuren gemischt mit dem Salz einer Fettsäure der Elektrolyse, also z. B. das Äthyl-Kaliumsalz der Bernsteinsäure gemischt mit einem Acetat. Hierbei treffen an der Anode die Säurereste $C_2H_4 \genfrac{}{}{0pt}{}{COO\,C_2H_5}{COO}$ und $CH_3.COO$ zusammen und es ist aufser den bereits beschriebenen Einwirkungen derselben auf gleichartige Reste (wobei neben Kohlendioxyd Adipinsäureäthylester oder Äthan entstehen) auch eine Einwirkung nach der Gleichung möglich:

$$\begin{array}{l} CH_2.COO\,C_2H_5 \\ | \\ CH_2.\boxed{COO} \\ \\ CH_3.\boxed{COO} \end{array} = 2\,CO_2 + \begin{array}{l} CH_2.COO\,C_2H_5 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

sodafs also der Äthylester der normalen Buttersäure entstände, der bei dem Versuche sich auch thatsächlich bildete. In besonders reichlicher Menge entstand bei der Elektrolyse eines Gemisches vom Äthyl-Kaliumsalz der Bernsteinsäure mit dem Kaliumsalz der Buttersäure der Äthylester der Capronsäure, sodafs man dieses Verfahren zur Darstellung der Capronsäure mit Vorteil benutzen kann.

Mit den aromatischen Säuren (z. B. Benzoësäure, Phtalsäure) lassen sich eigentümlicher Weise derartige Synthesen nicht ausführen, man erhält vielmehr an der Anode stets die Säure wieder, während Sauerstoff entweicht. Ebenso treten nach den Untersuchungen von Fraas (1892), Moog (1893. *Inaug.-Diss. Bern*) und v. Miller und Hofer (*Ber. d. chem. Gesellsch. 27, 461; 1894*) die aus den Oxysäuren der Fettsäurereihe (Milchsäure, Oxybuttersäure, Weinsäure, Glycerinsäure u. s. w.) abgeschiedenen Anionen nicht zu kohlenstoffreicheren Verbindungen zusammen, sondern werden zu verschiedenen Produkten (Aldehyden oder Ketonen) oxydiert.

Eine andere Gruppe organischer Verbindungen benutzte zuerst S. P. Mulliken (*Amer. Chem. Journ. 15, 533; 1893*) zur organischen Synthese mittels der Elektrolyse, nämlich die Verbindungen, welche dem auch sonst vielfach angewendeten, äufserst reaktionsfähigen Natriummalonsäureäthylester analog zusammengesetzt sind, sowie diesen selbst. In demselben ist das Kalium bekanntlich nicht an den Sauerstoff der Carboxylgruppe, sondern direkt an Kohlenstoff gebunden, entsprechend der Formel $CH\,Na.(COO\,C_2H_5)_2$, gleichwohl liefert er die beiden Ionen $\overset{+}{Na}$ und $\overline{CH.(COO\,C_2H_5)_2}$. Von den letztern treten dann zwei zusammen und liefern die Verbindung

$$\begin{array}{l} CH.(COO.C_2H_5)_2 \\ | \\ CH.(COO.C_2H_5)_2, \end{array}$$

also den Äthylester der Äthantetracarbonsäure. In gleicher Weise entstand der Äthylester der Äthanhexacarbonsäure, $C_2(COO_2\,C\,H_5)_6$, bei der Elektrolyse des Äthylesters der Natriummethyltricarbonsäure, $C\,Na\,(COO\,C_2H_5)_3$, sowie der Äthylester der Diacetylbernsteinsäure

$$\begin{array}{l} CH\,C_2H_3O.COO\,C_2H_5 \\ | \\ CH\,C_2H_3O.COO\,C_2H_5 \end{array}$$

bei der Elektrolyse der Natriumverbindung des Äthylesters der Acetylessigsäure: $C_2H_3O_2.CHNa.COO\,C_2H_5$. Die Elektrolyse ersetzte hier vollständig die Einwirkung von Jod, durch welche man bisher die erwähnten drei kohlenstoffreicheren Verbindungen aus den entsprechenden kohlenstoffärmeren dargestellt hatte. Weems bestätigte diese Versuchsergebnisse (*Amer. Chem. Journ. 16, 569; 1894*), zeigte aber auch zugleich, dafs ein derartiger synthetischer Aufbau aus den Anionen keine allgemeine Reaktion ist, da die Elektrolyse sowohl mancher aliphatischer Verbindungen von gleicher Constitution als auch diejenige aller untersuchten aromatischen Verbindungen anders verläuft.

II.

Die aromatischen Verbindungen haben sich, wie vorher angeführt, zum synthetischen Aufbau kohlenstoffreicherer Verbindungen unter der Einwirkung des elektrischen Stromes bisher nicht geeignet erwiesen. Dagegen hat man bei ihnen andere Veränderungen infolge

des Stromdurchgangs beobachtet, welche auf eine oxydierende Wirkung, die an der Anode erfolgt, oder auf eine reduzierende Wirkung, die an der Kathode stattfindet, zurückzuführen sind. Verlieren z. B. an der Anode Hydroxylionen ihre elektrische Ladung, so entsteht daselbst, indem zwei Hydroxylgruppen Wasser bilden, freier Sauerstoff ($2\,HO = H_2O + O$) und dasselbe geschieht, wenn Säurereste unter Rückbildung der Säure auf das Wasser einwirken ($2\,C_6H_5 \cdot COO + H_2O = 2\,C_6H_5 \cdot COOH + O$), und ferner kann eine oxydierende Wirkung auch so stattfinden, dafs die entionisierten Gruppen unmittelbar der Verbindung Wasserstoff entziehen. An der Kathode kann ebenso entweder direkt beim Stromdurchgang reduzierend wirkender Wasserstoff entstehen oder derselbe wird durch Einwirkung des Kations auf das Wasser entwickelt. Die ersten Versuche, diese an den beiden Elektroden auftretenden Vorgänge für Veränderungen organischer Verbindungen nutzbar zu machen, sind wohl von Goppelsroeder angestellt worden, dem es gelang, einige organische Farbstoffe mittels des elektrischen Stromes darzustellen und gleichzeitig auf der pflanzlichen oder tierischen Faser zu befestigen. Dies gilt besonders vom Anilinschwarz, einem Farbstoff, welcher bei der Oxydation von salzsaurem Anilin mittels Kaliumchlorat in Gegenwart von gewissen Metallsalzen (Kupferchlorid, Vanadiumsalze) entsteht. Goppelsroeder hat über seine Versuche, welche bis in das Jahr 1874 zurückreichen, im Zusammenhang in den beiden ersten Heften der elektrochemischen Zeitschrift (*Bd. 1, S. 3 und 21; 1894*) berichtet. Namentlich beschreibt er dort ein interessantes Verfahren, um Anilinschwarz nur auf bestimmten Stellen eines weifsen Gewebes hervorzurufen, sodafs man also beispielsweise Schriftzüge in dieser Farbe in einfacher Weise erzeugen kann. Auf eine rechteckige Kautschukplatte wird eine etwas kleinere Bleiplatte gelegt, die mit dem negativen Pol einer Stromquelle verbunden ist, auf diese ein wiederum etwas kleineres Stück Filz, welches mit der Lösung des salzsauren Anilins getränkt ist, und auf dieses endlich das Zeugstück, auf welches mit Anilinschwarz geschrieben oder gezeichnet werden soll. Verbindet man nun einen Metallgriffel, wie er etwa entsteht, wenn man die Einlage eines Bleistiftes durch einen Gold- oder Platindraht ersetzt, mit dem positiven Pol der Stromquelle, so erhält man bei der Bewegung des Griffels auf dem Zeugstück Schriftzüge, die sich schwarz auf weifsem Grunde abheben und die besonders scharf werden, wenn man das Zeugstück mit einem geeigneten Verdickungsmittel (Gummi, Dextrin, Leim etc.) imprägniert hat. Um in ähnlicher Weise Druckmuster aufzudrucken, schaltet Goppelsroeder zwischen Bleiplatte und Filzscheibe eine nicht gravierte vergoldete Kupferplatte ein und legt auf das auf der Filzscheibe ruhende trockne Zeugstück eine gravierte, ebenfalls vergoldete Kupferplatte, welche mit dem positiven Pol der Stromquelle verbunden wird. Das Ganze wird dann zwischen zwei Holzklötzen in einer Copierpresse zusammengeprefst. Nach längstens einer halben Minute nach Stromschlufs sind die gravierten Muster hell auf anilinschwarzem Grunde eingedruckt. — Auf indigblau gefärbtem Zeuge lassen sich helle Zeichnungen dadurch hervorbringen, dafs man dasselbe mit einer Lösung von Kaliumnitrat tränkt und alsdann in der eben erwähnten Anordnung den Umrifs der Zeichnung mit dem mit dem positiven Pol der Stromquelle verbundenen Metallgriffel beschreibt. In diesem Falle wirkt die an den berührten Stellen abgeschiedene Salpetersäure oxydierend auf den Indigo ein, und ähnlich wirkt das aus dem Kochsalz abgeschiedene Chlor, wenn man ein damit getränktes, türkischrot gefärbtes Zeugstück in gleicher Weise behandelt. — Die reduzierende Wirkung des Stromes benutzte Goppelsroeder, um Zeugstücke mit Lösungen von Farbstoffen zu durchtränken, welche an sich unlöslich sind. Ein Stück Filz wird mit einer Mischung von möglichst fein zerriebenem Indigo mit Kalilauge durchtränkt, auf eine mit dem einen Pol einer Stromquelle verbundene Metallplatte gelegt und mit einem Stück weifsen Zeuges bedeckt. Legt man dann auf dieses ein als zweite Polplatte dienendes Metallblech oder fährt man mit einer metallenen Walze darüber, so entsteht durch Reduktion das lösliche Indigweifs und das Zeugstück färbt sich beim Aufhängen an der Luft nach einiger Zeit indigblau.

Der Versuch lag nahe, die reduzierende Wirkung des galvanischen Stromes für die Gewinnung von Anilin aus dem Nitrobenzol nutzbar zu machen, und in der That haben nahezu gleichzeitig mehrere Chemiker dieses Ziel zu erreichen gesucht. Die betreffenden

Veröffentlichungen gehören sämtlich dem Jahre 1893 an. Die erste rührt von C. Haeussermann her (*Chem. Ztg. 17, 129*), welcher aus einer mit Alkohol versetzten alkalischen Lösung von Nitrobenzol Hydrazobenzol, aus dem o-Nitrotoluol Hydrazotoluol erhielt:

$$2\,C_6H_5 \cdot NO_2 + 10\,H = C_6H_5 \cdot NH \cdot NH \cdot C_6H_5 + 4\,H_2O$$

$$2\,CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot NO_2 + 10\,H = CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot NH \cdot NH \cdot C_6H_4 \cdot CH_3 + 4\,H_2O.$$

Bei Anwendung einer sauren Lösung lagerte sich das Hydrazobenzol in bekannter Weise in Benzidin um:

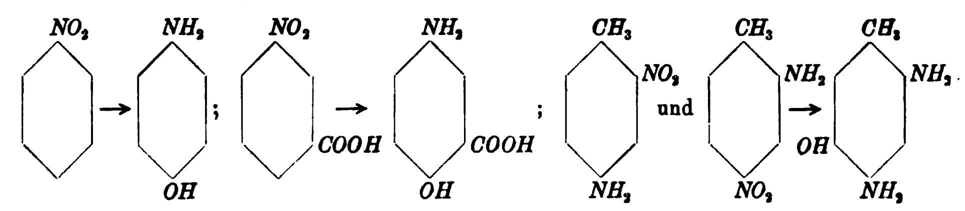
$$\begin{matrix} C_6H_5 \cdot NH \\ | \\ C_5H_5 \cdot NH \end{matrix} \quad \text{bildet} \quad \begin{matrix} C_6H_4 \cdot NH_2 \\ | \\ C_6H_4 \cdot NH_2 \end{matrix}$$

Die Versuchsergebnisse von K. Elbs (*Chem. Ztg. 17, 209*) weichen von den vorstehend mitgeteilten insofern ab, als nach ihnen bei Anwendung alkalischer Lösungen die Reduktion bei den Azoverbindungen stehen bleibt:

$$2\,C_6H_5 \cdot NO_2 + 8\,H = C_6H_5 \cdot N = N . C_6H_5 + 4\,H_2O,$$

während in sauren Lösungen Anilin auftritt, welch letztere Beobachtung indessen Haeussermann (*Chem. Ztg. 17, 209*) nicht bestätigen konnte. Vielleicht ist, wie Elbs bemerkt, die Verschiedenheit der Versuchsergebnisse aus einer Verschiedenheit des zur Kathode benutzten Materiales zu erklären; die von ihm benutzten Kathoden bestanden aus Blei oder Quecksilber, während Haeussermann Eisen und Zink als Kathodenmetall verwendete.

Ist so das angestrebte Ziel, die Gewinnung von Anilin mittels des elektrischen Stromes, mit Sicherheit noch nicht erreicht, so führte eine ausgedehnte Reihe von Versuchen, die Gattermann (*Ber. chem. Ges. 26, 1844; 2810, 1893; 27, 1927, 1894*) anstellte und die später von einigen seiner Schüler (vgl. z. B. F. Heyder, Diss. Heidelberg 1895) fortgesetzt wurden, zur Herstellung aromatischer Verbindungen, von denen manche eine technische Anwendung gefunden haben. Gattermann löste die Nitroverbindungen in conzentrierter Schwefelsäure und benutzte als Anodenflüssigkeit verdünnte Schwefelsäure. Dabei zeigte sich, dafs allgemein die Nitrogruppe zur Amidogruppe reduziert wird, dafs aber gleichzeitig der zur Amidogruppe in der Parastellung befindliche Wasserstoff eine Oxydation zur Hydroxylgruppe erfährt, dafs also p-Amidophenole oder Derivate derselben als Produkte der durch den elektrischen Strom bewirkten Reduktion entstehen. So entstand aus Nitrobenzol p-Amidophenol, aus m-Nitrobenzoësäure Amidosalicylsäure (1 · 3 . 6), aus o-Nitro-p-Toluidin sowie aus p-Nitro-o-Toluidin-Diamidokresol (1 · 2 · 4 · 5).



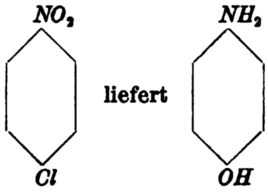
Diese Reaktion wurde an mehr als 40 Nitroverbindungen mit demselben Resultat ausgeführt. Gattermann gab auch in seiner ersten Veröffentlichung eine Erklärung des Vorganges. Nach derselben erfolgt die Reduktion des Nitrobenzols allmählich und zwar entsteht dabei das inzwischen von Bamberger (*Ber. chem. Ges. 27, 1347; 1548*) isolierte Phenylhydroxylamin, $C_6H_5 \cdot HN(OH)$. Dasselbe lagert sich, was in ähnlicher Weise für die aliphatischen Hydroxylamine (z. B. $CH_3 \cdot NH(OH)$) durch die Untersuchungen von V. Meyer und E. Hoffmann bereits bekannt war, bei Gegenwart von Säuren in p-Amidophenol um:

$$C_6H_5 \cdot NH(OH) \quad \text{bildet} \quad C_6H_4(OH) \cdot NH_2.$$

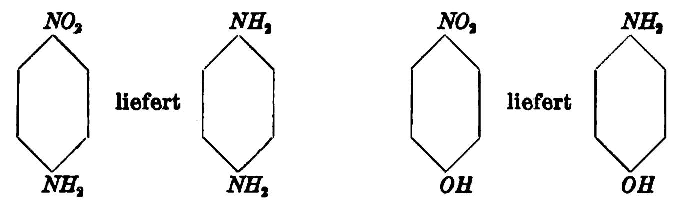
Das p-Amidophenol findet bekanntlich in der Photographie als Entwickler Verwendung (Rhodinal); dasselbe gilt von dem gleichfalls nach dieser Methode darstellbaren Methyl-p-Amido-m-Kresol (Metol). Andererseits geht der Äthyläther des p-Amidophenols $C_6H_4 \cdot {OC_2H_5 \atop NH_2}$ beim Kochen mit Eisessig in die Acetylverbindung: $C_6H_4 \cdot {OC_2H_5 \atop NH \cdot C_2H_3O}$, das Phenacetin, über,

welches als antiseptisches und antineuralgisches Mittel eine weitgehende Anwendung gefunden hat.

Die ebenfalls i. J. 1893 von Clément und Noyes veröffentlichen Versuche über die Reduktion des Nitrobenzols bei Gegenwart von Schwefelsäure (*Ber. chem. Ges. 26, 990—991*) hatten dasselbe Ergebnis; nur beobachteten die genannten Chemiker statt des p-Amidophenols das Auftreten der p-Amido-o-Sulfonsäure, weil sie bei ihren Versuchen das Wasser gänzlich ausgeschlossen hatten (Gattermann hatte die schwefelsaure Lösung des Nitrobenzols mit so viel Wasser versetzt, dafs soeben die Ausscheidung des Nitrobenzols begann). Interessant sind auch die von Noyes gemeinsam mit Dorrance angestellten Versuche zur elektrolytischen Reduktion solcher Nitrokörper, bei denen die p-Stelle bereits besetzt ist (*Ber. chem. Ges. 28, 2349; 1895*), wobei in manchen Fällen das in der p-Stellung befindliche Element oder Radikal durch die Hydroxylgruppe verdrängt wird. So geht das p-Chlornitrobenzol in p-Amidophenol über:



In andern Fällen bleibt das in der p-Stellung befindliche Radikal unverändert: aus p-Nitroanilin entsteht p-Diamidobenzol, aus p-Nitrophenol abermals p-Amidophenol:



Schliefslich mag hier noch die elektrolytische Darstellung des Jodoforms erwähnt werden. Diese Verbindung entsteht bekanntlich bei der Einwirkung von Jod und Kalilauge auf Alkohol. Löst man deshalb Jodkalium in 10- bis 20-prozentigem Alkohol, so hat man, da beim Stromdurchgang Jod und Kaliumhydroxyd entstehen, die Bedingungen für die Entstehung des Jodoforms erfüllt, und auf demselben Wege kann man zum Chloro- und Bromoform gelangen, wenn man das Kaliumjodid durch das Chlorid oder Bromid ersetzt. Auf ähnliche Weise kann auch das als Ersatzmittel für das Jodoform dienende geruchlose Aristol (Annidalin) dargestellt werden, welches man gewöhnlich erhält, wenn man auf eine alkalische Lösung von Thymol (= Isopropyl-Metakresol, $C_6H_3 \cdot \overset{1}{C_3}H_7 \cdot \overset{3}{OH} \cdot \overset{4}{CH_3}$) Jod-Jodkalium im Überschufs einwirken läfst, wobei eine Condensation von 2 Molekülen und ein Ersatz des Hydroxylwasserstoffs durch Jod stattfindet.

$$\begin{array}{l} C_6H_3 \cdot C_3H_7 \cdot CH_3 \cdot OH \\ + C_6H_3 \cdot C_3H_7 \cdot CH_3 \cdot OH \; + 6J \end{array} = \begin{array}{l} C_6H_2 \cdot C_3H_7 \cdot CH_3 \cdot OJ \\ | \\ C_6H_2 \cdot C_3H_7 \cdot CH_3 \cdot OJ \; + 4HJ. \\ \text{Aristol} \end{array}$$

Im Vorstehenden wurden die wichtigsten Anwendungen geschildert, welche die Elektrolyse auf dem Gebiete der organischen Chemie bisher gefunden hat. Sie sind im Vergleich zu den entsprechenden Anwendungen in der anorganischen Chemie und in der Metallurgie nicht gerade zahlreich, was sich zum grofsen Teil aus dem Umstande erklärt, dafs verhältnismäfsig wenig organische Verbindungen im flüssigen Zustande Elektrolyte sind; sind doch selbst starke organische Säuren, wie die Essigsäure, in wässeriger Lösung nur in einem relativ kleinen Betrag elektrolytisch dissoziiert und Ähnliches gilt für die organischen Basen, sodafs als Elektrolyte eigentlich nur die Salze organischer Säuren übrigbleiben. Hierzu kommt noch, dafs gerade dasjenige Lösungsmittel, welches in hervorragendem Mafse ioni-

sierend wirkt, bei der Mehrzahl der organischen Verbindungen nicht angewendet werden kann, weil dieselben in Wasser unlöslich sind. Immerhin zeigen die oben angeführten elektrolytischen Vorgänge, dafs die Elektrolyse ebensowohl wertvolle Einblicke in die Constitution der organischen Verbindungen zu eröffnen als praktisch brauchbare Methoden zur bequemeren Darstellung derselben zu liefern vermag.

Kleine Mitteilungen.

Ein Zellenschalter für den Unterricht.

Von Dr. **A. Kadesch** in Wiesbaden.

Am Schlusse der Beschreibung, welche ich im 3. Heft des laufenden Jahrgangs dieser Zeitschrift von unserer Akkumulatorenanlage gegeben habe, bezeichnete ich die bei letzterer verwendeten Stöpselpachytrope als nicht bequem genug. Nachstehend erlaube ich mir, ein Kurbelpachytrop zu beschreiben, bei dem mir dieser Mifsstand beseitigt und noch eine Anzahl Nachteile vermieden zu sein scheint, während ihm kein Vorzug der Stöpselpachytrope mangelt. Die Figur 1 zeigt die Einrichtung für vier Zellen. $+1$, α_1, α_2, -1, β_1 und β_2 sind Contaktknöpfe, $+2$, $+3$, $+4$, -2, -3 und -4 die Achsen der Contaktkurbeln a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3. $+2$ steht mit α_1, $+3$ mit α_2, -2 mit β_1, -3 mit β_2, $+1$ mit der Klemmschraube c und -4 mit der Klemmschraube d in sichtbarer leitender Verbindung. Mit $+1$ bis $+4$ sind die positiven, mit -1 bis -4 die negativen Pole der Zellen leitend verbunden. Knöpfe und Kurbeln sind an der Vorderseite einer Platte AB aus nicht leitendem Stoffe, etwa aus Holz, angebracht. Jede positive Kurbel kann mit den beiden zur vorhergehenden Zelle gehörigen Contaktknöpfen, jede negative Kurbel aber nur mit dem negativen Knopf der vorhergehenden Zelle zum Contakt gebracht werden. (Es liesse sich natürlich auch die umgekehrte Anordnung treffen.) Hierbei legen sich die Kurbeln federnd auf die Knöpfe auf. Bringt man nun die beiden Kurbeln einer Zelle mit den gleichnamigen Knöpfen der vorhergehenden Zelle zum Contakt, so sind die beiden Zellen parallel geschaltet; bringt man dagegen die positive Kurbel einer Zelle mit dem negativen Knopf der vorhergehenden zum Contakt, so sind beide Zellen hintereinander geschaltet; bringt man endlich eine Kurbel einer Zelle mit dem gleichnamigen Knopf der vorhergehenden zum Contakt, so ist die eine der Zellen ausgeschaltet. Von einer durch Schaltungen der Zellen gebildeten Batterie sind c und d die Pole. Wie man sieht, gestattet das Pachytrop dieselben Schaltungen wie ein Stöpfelpachytrop, hat jedoch vor demselben offenbar folgende Vorzüge: 1. die Verbindungen und Trennungen der Zellenpole geschehen bequemer durch Drehen von Kurbeln als durch Einstecken und Ziehen von Stöpseln, welche aufserdem leicht verloren gehen, da sie mit den übrigen Pachytropteilen nicht fest verbunden sind; 2. die Schaltungen können von den Schülern von ihren Plätzen aus mit vollkommener Deutlichkeit übersehen werden; 3. die Herstellung von Kurzschlüssen beim Schalten der Zellen wird nicht stattfinden, indem dazu der Contakt zweier Kurbeln mit demselben Knopf gehören würde; 4. eine Beeinträchtigung der Gebrauchsfähigkeit der Verbindungsvorrichtungen der Zellenpole dürfte weniger leicht eintreten. Die Figur soll übrigens nur das Prinzip der Einrichtung erläutern, nicht aber die verhältnismäfsige genaue Gröfse aller einzelnen Teile und Entfernungen darstellen.

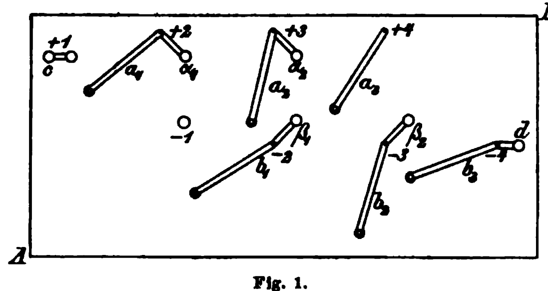


Fig. 1.

Die Einrichtung des in demselben Artikel erwähnten „kleinen Pachytrops" ist aus Figur 2 zu ersehen, für welche die soeben bezüglich Fig. 1 gemachte Bemerkung ebenfalls Giltigkeit hat. α, β und γ sind Contaktknöpfe, 1 und 2 die Achsen der Contaktkurbeln a

und b; c, d, e und f sind Klemmschrauben, welche bezüglich mit α, 1, 2 und γ in sichtbarer leitender Verbindung stehen, wie eine solche auch zwischen 2 und β besteht. Von den Akkumulatoren führen die Leitungsdrähte g und h zu c und e, von der Ladestromquelle für die Akkumulatoren (z. B. einer Thermosäule) die Leitungen i und k zu d und f und von c und f die Leitungen l und m zum Experimentiertisch. Für die Parallelschaltung von Akkumulatoren und Ladestromquelle zwecks Ladung der ersteren ist a mit α und b mit γ zum Contakt zu bringen; sollen die Akkumulatoren Strom an den Experimentiertisch liefern, so ist nur b mit γ zum Contakt zu bringen, während bloſs a mit α zum Contakt gebracht werden darf, wenn man den Strom der Ladestromquelle am Experimentiertisch benutzen will; hat man endlich die Absicht, den Strom einer aus Akkumulatoren und Ladestromquelle in Hintereinanderschaltung gebildeten Batterie am Experimentiertisch zu verwenden, so ist lediglich der Contakt von a mit β zu bewerkstelligen.

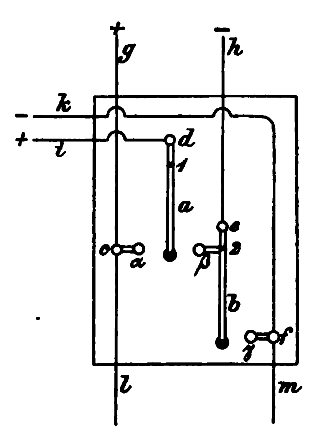


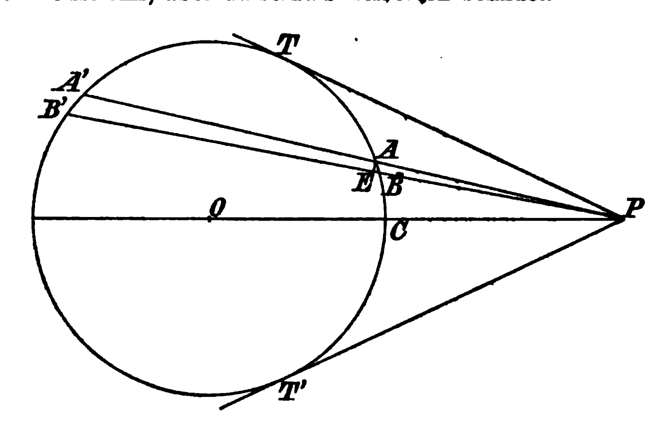
Fig. 2.

Akkumulatorensätze, mit dem eingangs beschriebenen Pachytrop versehen, können von der Firma E. Leybolds Nachfolger in Cöln bezogen werden, welche auch ganze Akkumulatorenanlagen von der Einrichtung der unsrigen liefert.

Über die Wirkung eines Kreisstroms auf einen Magnetpol.

Von **Hugo Schwendenwein** in Teschen.

In den Lehrbüchern der Physik wird die Fernwirkung eines Kreisstroms auf einen Magnetpol nur in dem Falle behandelt, wenn der Pol sich in der Achse des Kreisstroms befindet, und es wird dabei auf die Gleichwertigkeit eines Stromkreises mit einem Magnet hingewiesen. Nachstehend gebe ich eine Berechnung der Kraft für den Fall, daſs sich der Pol in der Ebene des Kreisstroms, aber auſserhalb desselben befindet.



Im Sinne der Uhrzeigerbewegung durchflieſse den Kreis vom Centrum O und dem Halbmesser r ein galvanischer Strom von der Stärke i; in P sei der Nordpol eines Magneten von der Stärke μ, wobei $OP = a > r$. Um die Gröſse der Kraft zu bestimmen, welche der Kreisstrom auf den Magnetpol ausübt, ziehen wir von P an denselben die beiden Tangenten, welche ihn in T bzw. T' berühren und zwei einen sehr kleinen Winkel miteinander einschlieſsende Secanten, welche auf der dem Pole näherliegenden Seite des Kreises das Element AB, auf der entfernteren Seite das Element $A'B'$ bestimmen. $A'B'$ treibt den Pol P mit der Kraft $\frac{A'B' \, i \, \mu}{A'P^2} \sin B'A'P$ normal hinter die Ebene der Zeichnung, das Element AB aber, weil die Ampèresche Stromfigur, um in der Strecke $TABT'$ den Pol zu sehen, in dem Punkte T

eine halbe Umdrehung um ihre Achse vollziehen mufs, mit der Kraft $\frac{AB\,i\,\mu}{BP^2}\sin ABP$ vor die Ebene der Zeichnung. Da nun die Zähler dieser beiden Brüche mit der Entfernung der Elemente von P linear, die Nenner aber quadratisch wachsen, so überwiegt die Wirkung des Elementes AB und die Resultierende aus den beiden Kräften ist

$$w = \frac{AB\,i\,\mu}{BP^2}\sin ABP - \frac{A'B'\,i\,\mu}{A'P^2}\sin B'A'P.$$

Wegen der Kleinheit der Elemente kann man die Bogen durch die Sehnen ersetzen; deshalb ist $ABP \sim A'B'P$ und $\sin B'A'P = \sin ABP$, $B'A' = \frac{AB\cdot A'P}{BP}$; daher

$$w = \frac{AB\,i\,\mu\sin ABP}{BP}\left(\frac{1}{BP} - \frac{1}{A'P}\right) = \frac{AB\,i\,\mu\sin ABP}{BP^2\cdot A'P}\cdot(A'P - BP) = \frac{AB\,i\,\mu\sin ABP}{BP^2\cdot B'P}\cdot BB',$$

wenn man $A'P$ durch das nahezu ebenso grofse $B'P$ ersetzt.

Macht man nun die Voraussetzung, r sei a gegenüber verschwindend klein, so kann man $PA' = PB = PT = a$ setzen; ist $AE \perp BB'$, so ist $AE = AB\sin ABP$, und $AB\cdot\sin ABP\cdot BB' = AE\cdot BB' = ABB'A'$, es ist daher $w = \frac{i\mu}{a^3}ABB'A'$ und die Wirkung des gesamten Kreisstromes $W = \frac{i\mu}{a^3}\Sigma ABB'A' = \frac{i\mu}{a^3}\cdot r^2\pi = \frac{r^2\pi\cdot i\mu}{a^3}$.

Die Vernachlässigungen, die gemacht wurden, — sie sind analog jenen, die bei der Berechnung der Fernwirkung zweier Magnete in der ersten Hauptlage auf einander als zulässig erachtet werden — üben, wie eine genauere Untersuchung lehrt, ihren Einflufs erst in Gliedern aus, die a in höherer als der 4. Potenz im Nenner enthalten. Somit ist ein Kreisstrom auch bei dieser Lage des Magnetpoles gleichwertig einem Magnet vom Moment $r^2\pi i$, der in O auf der Ebene des Kreises senkrecht steht und von ihr halbiert wird.

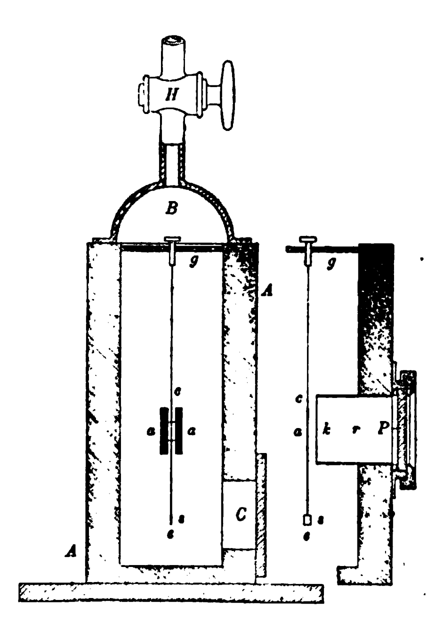
Für die Praxis.

Noch ein Knallgas-Voltameter. Von Prof. Dr. **Alois Handl** in Czernowitz. Anläfslich der Mitteilung von Herrn Br. Kolbe im Märzheft (d. Z. S. 75) über ein leicht herstellbares und bequemes Knallgasvoltameter, erlaube ich mir zu bemerken, dafs ich seit einiger Zeit eine noch viel einfachere und billigere Form benutze. Sie dient mir besonders bei solchen Versuchen, bei welchen mehrere (bis zu fünf) gleiche Stromanzeiger nötig sind, zum Nachweis der Gleichheit der Stromstärke an verschiedenen Stellen eines einfachen Stromkreises und zum Nachweis der Gesetze der Stromteilung. Ein solches Voltameter besteht aus einer mit entsprechender Teilung versehenen Eprouvette, welche durch einen Korkstöpsel verschlossen wird. In diesen Kork sind, wie bei Kolbe, zwei Platinelektroden (an Platindrähten) und ein dünnes Glasröhrchen eingesetzt, letzteres am äufseren Ende zu einer kapillaren Spitze ausgezogen. Die Eprouvette wird vor dem Versuche durch Eingiefsen der elektrolytischen Flüssigkeit gefüllt, mit dem Kork verschlossen, wobei der Überschufs an Flüssigkeit durch das Glasröhrchen austritt, und dann, den Kork nach unten, in einem Retortenhalter befestigt. Bei der Gasentwicklung tropft die verdrängte Flüssigkeit in ein untergesetztes Schälchen. Mit angesäuertem Wasser erhält man Knallgas, mit Kupfervitriollösung erhält man an der Kathode Kupfer, an der Anode Sauerstoff; ersetzt man hierauf die Kupfervitriollösung wieder durch angesäuertes Wasser und leitet den Strom in entgegengesetzter Richtung durch, so wird jetzt an der Anode das Kupfer aufgelöst, an der Kathode entwickelt sich Wasserstoff. Man kann also gleichzeitig in drei Röhren Gasmengen erhalten, deren Rauminhalte sich wie 1:2:3 verhalten, und die sich als Sauerstoff, Wasserstoff und Knallgas zu erkennen geben.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein neues Radiometer. E. F. Nichols (*Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1896, 1183; Phys. Rev. IV 297, 1897*; *d. Zeitschr. X 98, 1897*) hat das bekannte Crookessche Radiometer so verbessert, dafs man damit die gleiche Empfindlichkeit erreicht, wie mit dem Bolometer oder Thermoelement. Die Figur giebt einen Aufrifs des Instruments senkrecht zum Strahlengang und einen lotrechten Schnitt in der Strahlenrichtung. Das Rotgufsgehäuse *A* ruht auf drei Höhenschrauben und ist mit der luftdicht schliefsenden Glasglocke *B* bedeckt, von der ein mit Absperrhahn *H* versehenes Rohr zur Quecksilberluftpumpe führt. Durch die mit einer Spiegelglasplatte bedeckte Öffnung *C* werden mittels Fernrohr und Mefsstab die Ablenkungen der beweglichen Teile abgelesen. Durch eine zweite Öffnung gehen die zu messenden Strahlen in das Radiometer. Auf den Rand dieser Öffnung ist eine Messingfassung gekittet, die eine mit Gummi gedichtete kreisrunde Flufsspatplatte *P* trägt. In die Öffnung ist ferner ein kurzes Messingrohr *r* eingesetzt, das an seinem inneren Ende durch die dünne Glimmerplatte *k* verschlossen ist. Die beweglichen Teile bestehen aus zwei gleichen auf der Vorderfläche geschwärzten Glimmerflügeln *a a*, die zu beiden Seiten eines dünnen Glasfadens *c e* durch einen kurzen Glasfaden befestigt sind. Der Faden *c e* hängt an einem sehr feinen Quarzfaden und trägt unten einen kleinen Ablesespiegel *s*. Das Gesamtgewicht der beweglichen Teile beträgt 7 mg. Das Nicholssche Instrument besitzt die gröfste Empfindlichkeit bei einer Schwingungsdauer von 12^s, wenn die Flügel 2,5 mm von der Glimmerplatte entfernt sind, und der Druck 0,05 *mm* beträgt. Liefs man die Strahlen einer 6 m entfernten Kerze auf einen der Flügel fallen, so erhielt man bei einem Skalenabstand von 1 m eine Ablenkung von 60 mm. Bei der beschriebenen Anordnung waren die Ausschläge des Radiometers der Energie der einfallenden Strahlung genau proportional. Nichols benutzte sein Instrument, um das Verhalten des Quarzes im Spektralgebiet 4 μ bis 9 μ zu untersuchen. Aus seinen Messungen geht hervor, dafs das optische Verhalten des Quarzes in dem Gebiet $\lambda = 7{,}4\,\mu$ bis 8,4 μ von dem Verhalten eines nichtmetallischen Körpers zu dem eines metallischen übergeht, dafs also der Quarz sich in jenem Gebiet ähnlich wie das Fuchsin in seinem im sichtbaren Spektralgebiet liegenden Absorptionsstreifen verhält. (*Zeitschr. f. Instr. XVII 123, 1897.*)



Einen Vorlesungsversuch über die unter dem Einflufs einer centralen Kraft eingeschlagenen Bahnen der Körper beschreibt R. W. Wood in der Nature (*LV, 620; 1897*). Eine kreisförmige Glasplatte von ungefähr 40 cm im Durchmesser hatte in der Mitte ein kleines Loch, durch welches der etwas konische Pol eines grossen Elektromagneten durchragte. Die Oberfläche der Platte war berufst und möglichst eben gemacht, während die Achse des Magneten vertikal stand. Eine kleine, etwa 5 mm im Durchmesser betragende Kugel von Stahl (aus dem Lager eines Zweirades) liefs, wenn man sie über die Platte rollte, in dem Rufs eine deutliche Spur zurück. Die Schwere übt hierbei keinen direkten Einflufs auf die Bewegung aus, und wir haben nur die Anfangsgeschwindigkeit und die centrale Anziehungskraft des Magnetpols, wozu allerdings der Verlust an Geschwindigkeit durch die Reibung hinzutritt.

Wurde die Kugel aus einem kurzen Glasrohr in der Ebene der Platte mit verschiedenen Anfangsgeschwindigkeiten herausgeblasen, so erhielt man Bahnen, die wenigstens als gute

Nachahmungen der Ellipse, Parabel und Hyperbel gelten konnten. Bei sehr geringer Anfangsgeschwindigkeit erhält man eine Ellipse mit dem Magnetpol in einem Brennpunkt; der Geschwindigkeitsverlust durch Reibung veranlafst die Kugel natürlich bald „in die Sonne zu fallen". Durch eine etwas höhere Anfangsgeschwindigkeit entsteht eine Parabel bezw. eine Ellipse mit grofser Excentrizität. Durch noch höhere Anfangsgeschwindigkeit erhielt die Bahn der Kugel hyperbolische Krümmung. Die Hyperbel ist am leichtesten, die Parabel am schwersten herauszubekommen. *Schk.*

Versuche über entladende Wirkungen von Flammengasen. Von R. Wesendonck (*Naturw. Rundschau XII, 288; 1897*). Flammengase besitzen die Eigenschaft, elektrisierte Körper zu entladen. Steht eine Bunsenflamme unter einem Trichter A (Fig. 1), durch den die Verbrennungsprodukte nach einer mit einem Elektrometer verbundenen Metallplatte P geleitet werden, so gehen die Aluminiumblättchen rasch zusammen. Blofses Leuchtgas oder gewöhnliche Luft giebt dagegen keine Wirkung. Auch wenn die Flammengase auf ihrem Wege innerhalb einer Spirale K durch Eis gekühlt und durch einen Aspirator nach der geladenen Platte P gesogen wurden, verringerte sich der Ausschlag des Elektrometers bedeutend. Befand sich zwischen jener Spirale und der Elektrometerplatte ein 20 m langes und 3 mm weites Bleirohr, durch das die Gase hindurchgingen, so war ihre entladende Wirkung auch noch unverkennbar. War ein Bleirohr von gleicher Länge, aber 10 mm Weite eingeschaltet, so brauchten die Gasteilchen, um von der Flamme bis zur Entladungsplatte zu gelangen, nicht unter 15 Sekunden; auch jetzt wirkten sie entladend. Nimmt man die Existenz von Ionen an, so findet eine Entladung derselben in dem langen Bleirohr also nicht statt.

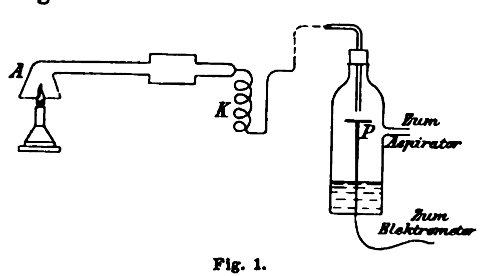


Fig. 1.

Wesendonck beschreibt noch eine andere Versuchsanordnung. A (Fig. 2) ist ein 21 Liter fassender, unten offener Zinkcylinder, auf dessen Deckel ein kurzes Messingrohr a gelötet ist, das der Entladungsplatte P gegenübersteht. BC ist ein zum gröfsten Teil mit Wasser gefüllter Zinkeimer; in ihm steht auf einem Dreifufs der Bunsenbrenner, zu dem das Leuchtgas durch das Bleirohr $\alpha\beta\gamma$ hinzugeleitet wird. Ist der Brenner entzündet, so zeigt sich eine deutlich entladende Wirkung der a entströmenden Gase; hebt man BC hoch, so erfolgt die Abnahme der Divergenz schneller. Sobald man aber das Gas abdreht, hört die entladende Wirkung auf, soviel von den noch in A vorhandenen Verbrennungsgasen man auch durch Heben von BC gegen P treiben mag. Es scheint, als wenn das Leitungsvermögen der Gase nach dem Verlöschen der Flamme sofort geringer würde. Dieser Versuch spricht gegen das Vorhandensein von Ionen, da sich nicht einsehen läfst, warum diese in dem kurzen Cylinder A sich schon wieder vereinigen oder ihre Ladungen abgeben sollten. — Geringe Wirkungen auch nach dem Verlöschen dürften dem rauchartigen Dunst, den jede Flamme liefert, zuzuschreiben sein, da auch Bärlappsamen oder Rauch von Räucherkerzen, durch a gegen P getrieben, eine Entladung hervorrief.

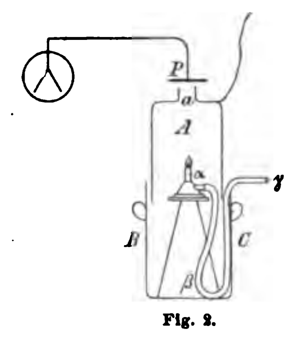


Fig. 2.

Wesendonck leitete die Verbrennungsgase noch durch ein kleines Glasgefäfs, in dem sich eine Wasserstoffflamme befand, die durch in den Gasen befindlichen Staub sichtbar wurde. Staubhaltige Luft bewirkte eine Abnahme des Ausschlages um 8 mm, staubfreie Luft nur um 2 bis 3 mm. Doch war es nicht etwa direkte Wegführung der Elektrizität durch Staub, da der sehr staubige Inhalt des Gasometers ohne Flamme durch den Apparat getrieben nur eine geringe Entladung bewirkte. *Schk.*

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Über Grauglut und Rotglut. Von O. Lummer. (*Wied. Ann. 62, 15; 1897*). Von Draper ist zuerst gefunden worden (*Phil. Mag. 30, 345; 1847*), dafs alle festen Körper bei derselben Temperatur (etwa 525°) zu leuchten anfangen, und dafs zu den anfänglichen roten Strahlen mit steigender Temperatur Strahlen von immer kürzeren Wellenlängen sich zugesellen. Später fand H. F. Weber (*Wied. Ann. 32, 256; 1887*), dafs erhitzte Kohle bereits vor Beginn der Rotglut ein eigentümliches Licht aussendet, das er, da es dem Auge „unstät auf- und abhuschend" erscheint, als „gespenstergrau" bezeichnet. Das „Düstergrau" geht später in Hellgrau und dann in Gelblichgrau über, um dann erst die rote Farbe anzunehmen, bei der auch sofort das Hin- und Herzittern aufhört. Die Temperaturen, bei denen die Grauglut anfängt, bestimmte R. Emden (*Wied. Ann. 36, 214; 1889*) genauer; er fand sie bei mehreren untersuchten Metallen von 408° beim Neusilber bis zu 423° beim Gold.

Lummer behandelt nun die ganze Frage der Grau- und Rotglut vom subjektiv-physiologischen Standpunkte aus. Von Hering und Hillebrand wurde 1889 zuerst beobachtet, dafs das Sonnenspektrum bei genügend geringer Helligkeit farblos erscheint; das Helligkeitsmaximum liegt hier im Blaugrün und nicht wie im farbigen hellen Spektrum im Gelbgrün. A. König fand dann, dafs, mit Ausnahme des Rot, alle Farben bei genügender Helligkeit in der *Fovea centralis* farbig über die Schwelle der Empfindung treten, während sie an peripheren Stellen der Netzhaut schon bei viel geringerer Helligkeit, aber farblos gesehen werden. Nach der Theorie von J. v. Kries vermitteln die „Zapfen" allein die Farbenempfindung, die „Stäbchen" dagegen das farblose Sehen bei geringer Helligkeit, für die sie sehr empfindlich sind. In der Fovea centralis befinden sich nur Zapfen, an den übrigen Stellen der Netzhaut beide Organe. Lummer ist nun der Meinung, dafs, entsprechend der Kriesschen Theorie, die Grauglut eine blofse Empfindung der Stäbchen, die Rotglut eine solche der Zapfen ist. Da die Stäbchen nur an peripheren Netzhautstellen vorhanden sind, so wird die Grauglut nur bei indirektem Sehen ohne Anblicken wahrgenommen. — Ein Versuch, das Gesehene zu fixieren, bleibt fruchtlos, daher das unstäte Hin- und Herzittern des Lichtes während des ganzen Stadiums der Grauglut. Erst wenn die Temperatur eine solche Höhe erreicht hat, dafs auch die Zapfen im Gehirn eine nun farbige Lichtempfindung hervorbringen, erscheint auch das leuchtend, was wir fixieren und das unstäte Grau geht in ein bestimmtes Rot über. Nähere Versuche bestätigten diese Erklärung. Die Fläche eines elektrisch geglühten Platinbleches, durch eine kleine Öffnung indirekt gesehen, leuchtete im Dunkelzimmer hellgrau, erschien dagegen bei direkter Betrachtung noch absolut dunkel. Erhöht man den Strom, so wird die Öffnung farbig, wenn sie fixiert wird, während sie auch jetzt, indirekt betrachtet, noch farblos und heller erscheint, da die Stäbchen den Zapfen an Empfindlichkeit überlegen sind. Lummer vermochte beide Erscheinungen zugleich zu sehen, wenn er die leuchtende Öffnung mit dem einen Auge fixierte, mit dem andern nur indirekt ansah. Da der Körper am Anfang der Rotglut, indirekt gesehen, weifslich grau erscheint, so kann er in Wirklichkeit nicht rote Strahlen aussenden. Im Gegenteil werden, da das Auge im Dunkeln für Blaugrün am empfindlichsten ist, zuerst die blaugrünen Strahlen die Energie erhalten, um die Stäbchen in Thätigkeit zu versetzen; erst bei höherer Temperatur vermögen die roten und gelben Strahlen auf die Zapfen zu wirken. Wahrscheinlich sendet ein Körper bei jeder Temperatur schon alle möglichen Strahlensorten aus, von denen aber diejenigen von der Wellenlänge der Lichtstrahlen erst bei genügend hoher Temperatur des Körpers in uns die Lichtempfindung hervorrufen. *Schk.*

Röntgenstrahlen. Einige weitere Eigenschaften der X-Strahlen beschreibt Röntgen selbst in den *Ber. d. Berl. Akad.* (*XXVI, 576; 1897*). Wird ein Fluorescenzschirm hinter einer undurchlässigen Platte so aufgestellt, dafs der ganze Schirm beschattet ist, so kann man trotzdem noch ein Leuchten des Schirmes bemerken. Dasselbe verschwindet erst, wenn man die Platte mit einem dicken Bleiblech umgiebt. Es liegt das daran, dafs alle die Entladungsröhre umgebenden Körper, besonders die Luft, X-Strahlen aussenden. Röntgen construierte

einen besonderen Apparat, in welchem ein Baryumplatincyanürschirm nur von Strahlen bestrahlter Luft, im übrigen aber weder von direkten noch indirekten Strahlen getroffen werden konnte. Der Schirm leuchtete hell. Evakuierte man den Apparat, so wurde die Fluorescenz schwächer, je mehr die Verdünnung zunahm; wurde Luft eingelassen, so nahm die Helligkeit wieder zu. Einem für X-Strahlen empfindlichen Auge würde die Entladungsröhre wie ein in einem mit Tabaksrauch erfüllten Zimmer brennendes Licht erscheinen.

Zur Vergleichung der Intensitäten der Strahlung zweier Entladungsröhren benutzte Röntgen eine Art Photometer. Ein 35 cm hohes, 150 cm langes, 0,15 cm dickes Stück Blei ist in der Mitte eines langen Tisches vertikal aufgestellt. Auf beiden Seiten desselben steht auf dem Tische verschiebbar, je eine Entladungsröhre. An dem einen Ende des Bleistreifens ist ein Fluorescenzschirm so angebracht, daſs jede Hälfte desselben nur von einer der Röhren senkrecht bestrahlt wird. Bei den Messungen wird dann auf gleiche Helligkeit der beiden Hälften eingestellt. Mit diesem Photometer untersuchte Röntgen, wie sich die Intensität der Strahlen mit der Richtung ändert. Er fand bei einer halbkugeligen Entladungsröhre, bei der die X-Strahlen von einer ebenen Platinplatte ausgingen, daſs die Bestrahlung einer um die Platte als Mitte construierten Halbkugel fast bis zum Rande gleichmäſsig ist. Erst bei etwa 80° konnte ein Anfang der Abnahme der Bestrahlung bemerkt werden; die Hauptänderung der Intensität trat aber erst zwischen 89° und 90° ein. Bilder, die mit einer Lochkamera von der Platinplatte aufgenommen werden, sind um so intensiver, je gröſser der Winkel ist, den die Platinplatte mit der lichtempfindlichen Platte bildet, vorausgesetzt, daſs er 80° nicht überschreitet.

Zur Bestimmung der Durchlässigkeit für X-Strahlen wurde der zu untersuchende Körper vor die eine der beiden gleich hell fluorescierenden Hälften des Schirmes gebracht und durch geeignete Verschiebung der Entladungsröhren die gleiche Helligkeit wieder hergestellt. Dann ist das Verhältnis der Quadrate der Entfernungen der Strahlen aussendenden Platinplatten vom Schirm vor und nach der Verschiebung der gesuchte Wert der Durchlässigkeit des Körpers. Aus Untersuchungen mit Aluminium, Glas und Stanniol ergab sich: denkt man sich die Körper in gleich dicke, zu den Strahlen senkrechte Schichten zerlegt, so ist jede dieser Schichten für die in sie eindringenden Strahlen durchlässiger als die vorhergehende, oder auch: die spezifische Durchlässigkeit ist um so gröſser, je dicker der Körper ist. Sind zwei Platten aus verschiedenem Material gleich durchlässig, so besteht die Gleichheit nicht mehr, wenn die Dicke der Platten in demselben Verhältnis geändert wird. So z. B. war eine einfache Platinschicht gleich durchlässig wie eine 6 fache Aluminiumschicht, die doppelte Platinschicht aber gleich einer 16 fachen Aluminiumschicht.

Zu vielen Versuchen benutzt Röntgen ein „Platinaluminiumfenster". Auf einen dünnen Papierschirm ist ein rechteckiges Stück (4 × 6,5 cm) Platinfolie (0,0026 cm dick) aufgeklebt, das mit 15 Löchern von 0,7 cm Durchmesser in 3 Reihen versehen ist. Diese Fenster sind mit genau passenden Scheibchen von Aluminiumfolie (0,0299 mm dick) verschlossen, sodaſs in dem ersten Fenster ein, im zweiten zwei u. s. f., — im 15ten 15 Scheibchen liegen. Diese Vorrichtung, vor den Fluorescenzschirm gebracht, läſst sofort erkennen, wieviel Aluminiumblättchen ebenso durchlässig sind wie die Platinfolie. Die entsprechende Anzahl nennt Röntgen die „Fensternummer". Es ergab sich nun bei direkter Bestrahlung die Fensternummer 5; gingen die Strahlen aber vorher durch ein 2 cm dickes Natronglas, so war die Fensternummer nur 10. Überhaupt zeigte sich, daſs das Dickenverhältnis von zwei gleich durchlässigen Platten aus verschiedenem Material abhängig ist von der Dicke und dem Material des Körpers, durch den die Strahlen vorher hindurchgehen.

Röntgen fand auch die schon von anderen Forschern gefundene Thatsache bestätigt, daſs die Durchlässigkeit der X-Strahlen mit der Evakuierung der Röhre zunimmt. Sehr „weiche" Röhren ergaben die Fensternummer 2, bei sehr „harten" reichte No. 15 nicht einmal aus. Das Dickenverhältnis gleich durchlässiger Platin- und Aluminiumplatten ist also um so kleiner, je „härter" die Röhre ist. Dies äuſsert sich auch in den Schattenbildern der Hand: weiche Röhren geben dunkle, die Knochen noch nicht hervorhebende Bilder, mittlere lassen

die Knochen deutlich hervortreten, harte Röhren geben auch von diesen nur schwache Schatten.

Auch Vorschaltung einer Funkenstrecke oder eines Teslatransformators giebt intensivere und weniger absorbierbare Strahlen. Bei Anwendung des letzteren erhielt Röntgen noch bei Drucken von 3,1 mm Quecksilber deutliche Bilder; der geringste hierfür noch nötige Druck betrug 0,0002 mm Quecksilber. Eine allmählich immer mehr evakuierte Röhre liefert immer durchlässigere Strahlen; sehr harte Röhren mit einer eingeschalteten Funkenstrecke von 20 cm lieferten Strahlen, die noch durch eine 4 cm dicke Eisenplatte hindurchgingen. Durch häufig hindurchgehende schwache Entladungen wird eine Röhre von selbst härter. Sie kann wieder weicher gemacht werden durch Erwärmung oder durch sehr kräftige Entladungen.

Röntgen ist der Meinung, dafs die Strahlung aus einem Gemisch von Strahlen verschiedener Absorbierbarkeit und Intensität bestehe. Die Zusammensetzung dieses Gemisches ist abhängig von dem zeitlichen Verlauf des Entladungsstromes. Die bei der Absorption von den Körpern bevorzugten Strahlen sind für verschiedene Körper verschieden; die Kathodenstrahlen Lenards haben gröfsere Absorbierbarkeit als die X-Strahlen der weichsten Röhre. Da es aber doch wohl noch X-Strahlen gröfserer und Kathodenstrahlen geringerer Absorbierbarkeit geben dürfte, so ist die Gleichartigkeit beider Strahlenarten jedenfalls nicht ausgeschlossen.

Bei Vergleich der Wirkung auf eine photographische Platte mit der des Fluorescenzschirms mittels des Platin-Aluminium-Fensters zeigte sich bei weichen Röhren kein Unterschied; bei harten Röhren schien die Fensternummer für die photographische Platte ein wenig niedriger zu sein als für den Fluorescenzschirm. Wurde eine harte und eine weiche Röhre auf gleiche Helligkeit des Fluorescenzschirms eingestellt, so zeigte die photographische Platte eine gröfsere Schwärzung bei der weichen Röhre. Harte Röhren brauchen eine längere Expositionsdauer als mittelharte, weiche aber auch wieder eine längere. Die von Brandes beobachtete Empfindlichkeit des Auges fand Röntgen bestätigt; doch waren dazu sehr intensive Strahlen nötig. Eine Beugungserscheinung konnte nicht mit Sicherheit constatiert werden. *Schk.*

Die Verflüssigung des Fluors. Von H. Moissan und J. Dewar (*Compt. r. t. CXXIV, p. 1202 bis 1204*). Aus dem physikalischen Verhalten verschiedener Fluorverbindungen liefs sich theoretisch schon voraussehen, dafs die Verflüssigung des Fluors nur bei sehr niedriger Temperatur gelingen würde. Während z. B. die Chlorverbindungen von Bor und Silicium bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind, sind die entsprechenden Fluorverbindungen gasförmig und noch weit von ihrem Verflüssigungspunkt entfernt. In der That hatte sich aus früheren Untersuchungen Moissans über das Fluor (*Ann. ch. et ph. 6 s. t. 24 p. 224*) ergeben, dafs eine Verflüssigung bei — 95° unter gewöhnlichem Druck noch nicht eintritt.

Zu den jetzigen Versuchen wurde das Fluor durch Elektrolyse einer Lösung von Kaliumfluorid in Fluorwasserstoffsäure dargestellt. Von den Flufssäuredämpfen wurde das Fluorgas dadurch befreit, dafs es durch ein Platinschlangenrohr geleitet wurde, das vermittels einer Mischung von fester Kohlensäure und Alkohol gekühlt war; schliefslich wurde das Gas noch durch zwei mit Natriumfluorid beschickte Platintrockenrohre geleitet. — Der Apparat zur Verflüssigung bestand aus einem kleinen Cylinder von dünnem Glase, an dem oben ein Platinrohr angeschmolzen war; in diesem steckte coaxial ein zweites, kleineres Platinrohr. Durch den auf solche Weise gebildeten ringförmigen Raum gelangte das zu condensierende Fluorgas in den Glasbehälter und konnte durch die innere Platinröhre wieder entweichen. An letzterer war noch das eigentliche Abzugsrohr für das Fluorgas angelötet. Als Abkühlungsmittel diente flüssiger Sauerstoff, der von J. Dewar in beträchtlicher Menge nach einem früher mitgeteilten Verfahren (*New researches on liquid air, Royal Institution of Great Britain 1896 und Proc. Roy. Inst. 1893*) dargestellt wurde; die Versuche erforderten mehrere Liter des verflüssigten Gases. — Wurde der Apparat bis zur Temperatur des ruhig siedenden Sauerstoffes (— 183°) abgekühlt, so strömte das Fluorgas durch den Glasbehälter hindurch,

ohne sich zu verflüssigen. Doch hatte bei dieser niedrigen Temperatur das Element seine chemische Kraft verloren: es griff das Glas nicht mehr an. Wurde nun durch Evakuieren der Druck über dem Sauerstoff soweit vermindert, dafs der Sauerstoff in lebhaftes Sieden geriet, so konnte man im Innern des kleinen Glasbehälters eine Flüssigkeit herabrieseln sehen, während aus dem Apparat Gas nicht mehr entwich. Als nun das Abzugsrohr mit dem Finger zugehalten wurde, um den Zutritt der Luft zu verhindern, sammelte sich im Glasgefäfs eine hellgelbe Flüssigkeit an, die grofse Beweglichkeit zeigte. Die Farbe derselben ähnelt der des Fluorgases, wenn man dasselbe in einer Schicht von 1 m Dicke betrachtet. Die Verflüssigungstemperatur des Fluors liegt hiernach bei etwa — 185°. — Sobald der kleine Condensationsapparat aus dem Sauerstoff herausgenommen wurde, stieg die Temperatur, die gelbe Flüssigkeit geriet in Sieden und entwickelte aufserordentliche Mengen von Gas, das die energischen Wirkungen des Fluors zeigte. — Es wurde noch die Einwirkung des Fluors auf einige auf sehr niedrige Temperatur gebrachte Körper untersucht. Silicium, Bor, Kohle, Schwefel, Phosphor, in flüssigem Sauerstoff abgekühlt und in eine Fluoratmosphäre gebracht, geraten nicht ins Glühen. Bei dieser niedrigen Temperatur verdrängt das Fluor auch nicht das Jod aus den Jodiden. Indessen ist seine chemische Energie noch stark genug, um Benzin oder Terpentinöl unter Erglühen zu zersetzen, sobald ihre Temperatur über — 180° steigt. Die mächtige Verwandtschaft des Fluors zum Wasserstoff scheint am letzten zu verschwinden. — Noch ein Versuch ist zu erwähnen. Als man einen Strom von Fluorgas in flüssigen Sauerstoff eintreten liefs, bildete sich ein starker flockiger Niederschlag von weifser Farbe, der sich am Boden ansammelte. Durch Filtrieren konnte der Niederschlag gesondert werden; er zeigte die interessante Eigenschaft, mit Lebhaftigkeit zu verbrennen, sobald seine Temperatur steigt. In einer neuen Versuchsreihe wird das Studium dieser Verbindung sowie der Verflüssigung und Erstarrung des Fluors fortgesetzt werden. *O.*

---

3. Geschichte.

Die Gravitationshypothese bei Galilei und Borelli. Von Dr. Ernst Goldbeck. Wissensch. Beilage zum Jahresbericht des Luisenstädtischen Gymnasiums zu Berlin, Ostern 1897 (Pr. No. 63). Die Vorgeschichte der Newtonschen Gravitationshypothese ist bereits von Rosenberger in seinem Werke über Newton behandelt worden. Der Verfasser geht den Ursprüngen der Hypothese noch genauer nach und deckt dabei interessante historische und psychologische Momente auf. Er stellt fest, dafs der Anstofs, das Problem der Schwere zu untersuchen, von der Lehre des Kopernikus ausgegangen ist und dafs bereits in der italiänischen Schule des 17. Jahrhunderts bemerkenswerte Leistungen in dieser Richtung vorhanden sind. Eine eigentümliche Kosmogonie hat Galilei ersonnen; er nahm an, dafs der Schöpfer die Planeten alle an ein und demselben Ort, fern vom Centralkörper erschaffen und ihnen den Trieb zum Centralkörper hin eingepflanzt habe; sie seien demgemäfs nach diesem hin mit wachsender Geschwindigkeit gefallen, bis in der vom Schöpfer bestimmten Entfernung die Bewegung plötzlich in eine kreisförmige um die Sonne herum verwandelt worden sei. Der Verf. erkennt hierin einen wesentlichen Fortschritt gegenüber Aristoteles, in der Richtung auf die rein mechanische Auffassung des Problems. Allerdings fehlt bei Galilei noch die Kenntnis von der Abnahme der Fallbeschleunigung mit der Entfernung, wovon Kepler bereits eine Ahnung hatte. Ob dieser Mangel bei Galilei mit seiner notorischen Abneigung gegen Fernwirkung und verborgene Qualitäten überhaupt zusammenhängt, möchte indessen doch dahingestellt sein. Vielmehr lag es wohl im Wesen seiner stets das Einfachste bevorzugenden Forschungsmethode, dafs er auch den Trieb der Planeten zum Centralkörper, ebenso wie den der fallenden Körper gegen die Erde, als konstant ansah, so lange nicht eine Nötigung vorlag, ihn als veränderlich aufzufassen. Ein zweites Hindernis, weswegen Galilei nicht weiter gelangte, erblickt der Verfasser darin, dafs Galilei das Beharrungsgesetz in seiner allgemeinen Form (wie Wohlwill nachgewiesen hat) nicht besafs, dafs er vielmehr das Beharren der kreisförmig sich bewegenden Körper in der Kreisbahn als natürlich und selbstverständ-

lich ansah. Er steckte in dieser Hinsicht noch in dem Bann der aristotelischen Lehre von der Vollkommenheit der Kreisbewegung. (Diese Mitteilungen ergänzen aufs willkommenste unsere früheren Bemerkungen über die Programm-Abhandlung von Johannesson, *d. Zeitschr. X, 255*, vgl. auch *268*.) Als einige weitere Ansätze, die bei Galilei sich finden, hebt der Verf. noch den Zusammenhang zwischen Entfernung und Umlaufszeit bei der irdischen Centralbewegung, den Keim einer Störungslehre, endlich die Auffassung von Erde und Mond als eines einheitlichen Systems bei der Bewegung um die Sonne hervor.

Erheblich weiter wurde das Problem durch Borelli (1608—1679) gefördert. Nach biographischen Mitteilungen unterzieht der Verf. namentlich das Hauptwerk Borellis, die „aus physischen Ursachen abgeleitete Theorie der mediceischen Planeten“ (d. i. der Jupitersmonde), genauerer Untersuchung; er legt die Gründe dar, aus denen Borelli nicht die Bewegung unseres Mondes behandelte, sie liegen hauptsächlich in dem Interdikt, dem die Kopernikanische Lehre unterworfen war, während es als unverfänglich erschien, die übrigen Planeten sich um die Sonne bewegen zu lassen. Die Vorstellung eines Centralkörpers hat Borelli mit Galilei gemein, aber er geht über ihn hinaus, indem er sich von der Kreisbewegung frei macht und die von Kepler erkannten elliptischen Bahnen zu Grunde legt. Damit erlangt das Problem sofort eine präcisere Fassung: „Das mechanische Problem der Planetenbewegung war an die Zerstörung der Kreisbewegung geknüpft.“ Die Elemente, aus denen sich Borellis Erklärung der Planetenbewegung zusammensetzt, sind folgende: 1. ein Trieb nach dem Centralkörper hin, dessen Stärke aber (wie bei Galilei) von der Entfernung von diesem unabhängig ist; 2. eine Repulsivkraft, die, an dem Beispiel der Schleuder und des Rades verdeutlicht, stark an einen neueren missverständlichen Begriff von der Centrifugalkraft anklingt und übrigens der Entfernung umgekehrt proportional gesetzt wird; 3. endlich eine seitliche Geschwindigkeit der Planeten, die ebenfalls der Entfernung umgekehrt proportional ist. Man erkennt hierin schon deutlich das Baugerüst der späteren exakten Erklärung, aber es mangelt noch, wenn auch nicht an der Kenntnis, so doch an ausreichendem Geschick in der Verwendung des Parallelogramms der Kräfte und vor allem an einer richtigen Analyse der Centralbewegung, die erst von Huygens geliefert wurde. Dafs der unter 1. angeführte Trieb zum Centralkörper als natürlicher Instinkt, als „Neigung sich zu vereinigen“ bezeichnet ist, möchten wir vielmehr als bildliche Ausdrucksweise, wie als einen Rest mittelalterlich animistischer Auffassung ansehen. Es lag darin so wenig wie bei Galilei ein Hindernis für den Ausbau der mechanischen Welterklärung; woran es fehlte, waren die Kenntnisse, auf die später Newton seine geniale Induktion aufbaute. Newton war so wenig wie Galilei und Borelli ein Anhänger der verborgenen Eigenschaften — erst seine Nachfolger haben die Fernwirkung zu einem Prinzip erhoben —, aber dies ablehnende Verhalten hinderte ihn nicht, die Abnahme der Gravitation mit der Entfernung zu entdecken. Es braucht also nicht angenommen zu werden, dafs sich Borelli durch seine Abneigung gegen die Annahme einer Anziehungskraft den weiteren Fortschritt zu einer mit den Thatsachen übereinstimmenden Gravitationslehre abgeschnitten habe. Interessant ist in diesem Zusammenhange auch, wie Borelli die unter 3. angegebene seitliche Geschwindigkeit der Planeten erklärt. Er nimmt wie Kepler an, dafs die Sonnenstrahlen an der Rotation der Sonne um ihre Achse teilnehmen und somit den Planetenkugeln Anstöfse erteilen, die sich fort und fort summieren. Er beruft sich dafür auf eine Bemerkung Galileis, dafs ein noch so schwerer Stein, wenn er nur reibungslos sich fortbewegen könne, auch von der kleinsten Kraft in Bewegung gesetzt werde. Auch beim Jupiter, obwohl er ihn nicht für leuchtend hält, nimmt er ähnliche bewegende Strahlen an, die den Monden Antriebe erteilen. Die genauere Darstellung der wirklichen Mondbewegung auf Grund der angegebenen Elemente ist freilich verfehlt und mufste es sein; der Wert der Untersuchung liegt aber in der beginnenden Analyse der ins Spiel tretenden Kräfte. Auch Borelli berücksichtigt übrigens, den Andeutungen Galileis folgend, die Wirkung der Sonne auf die Mondbewegung, und fafst wie dieser Mond und Planet als ein zusammengehöriges System auf, bei dem die Bewegung des gemeinsamen Schwerpunktes in Rechnung zu ziehen ist.

Von allgemein kulturhistorischem Interesse ist es, dafs die Entwicklung der mechanischen Naturerklärung bereits bei Borelli zu philosophisch-religiösen Anschauungen drängt, die man gewöhnlich erst mit der Aufklärung des achtzehnten Jahrhunderts verknüpft glaubt. Borelli bewundert die Ordnung, mit welcher der kosmische Mechanismus arbeitet: In der Planetenbewegung thue sich ein Kunstwerk auf, das ohne irgend welches Eingreifen von Intelligenzen oder Seelen funktioniere; vielmehr habe der göttliche Künstler alle Dinge so wundervoll geordnet, dafs sie den göttlichen Gesetzen von selbst, ohne irgend eine Abweichung gehorchen. Dies sei unendlich kunstvoller, als wenn die Planeten träge Massen seien, die eine fortwährende Leitung brauchten und von dienstbaren Wesen in ihren eigenen Kreisen gedreht werden müfsten. Man erkennt hierin unschwer die Anschauung der deistischen Kreise des folgenden Jahrhunderts. *P.*

---

4. Unterricht und Methode.

Zur Pflege der Astronomie an den Gymnasien. Es liegen uns zwei neue Veröffentlichungen über diesen Gegenstand vor. Die eine, in den (bayrischen) Blättern für das Gymnasialschulwesen veröffentlicht, giebt den Inhalt eines Vortrages wieder, den Prof. J. Ducrue in München am 24. April des Jahres bei der Versammlung des bayrischen Gymnasiallehrervereins gehalten hat über die Frage: „Auf welche Art können einzelne Abschnitte des Lehrprogramms der mathematischen Geographie in der 9. Klasse Gelegenheit geben zur Übermittlung einiger Orientierung in der Astrognosie?" Der Verfasser beruft sich darauf, dafs schon das Bedürfnis des altsprachlichen Unterrichts es wünschenswert erscheinen lasse, die Schüler zur Kenntnis wenigstens der in den Klassikern vorkommenden Sternbilder anzuleiten. Es ist charakteristisch für gewisse deutsche Schulverhältnisse, dafs eine derartige Rechtfertigung noch nötig ist bei einem Gegenstande, den die Kundigen stets als einen an und für sich im höchsten Sinne humanistischen anerkannt haben; der Verfasser wird seine guten Gründe haben, die bezeichnete Seite des Gegenstandes in den Vordergrund zu rücken. In der Sache selbst giebt er beachtenswerte Fingerzeige, wie die Kenntnis des gestirnten Himmels den Schülern allmählich beigebracht werden kann. Die Erwähnung des Frühlingspunktes giebt bereits bei Anfang des Unterrichtes Anlafs zur Aufsuchung der betreffenden Gegend am Himmel, die gerade zu Beginn des Wintersemesters für die Beobachtung günstig liegt. Ferner kann der Mond als Führer dienen, insbesondere in der ersten Zeit nach Neumond; am besten zeichnet man den Stand des Mondes für einen bestimmten Tag in eine hinreichend grofse, im Klassenzimmer aufgehängte Sternkarte ein und empfiehlt den Schülern die Aufsuchung der dem Monde benachbarten Sternbilder, die auf der Karte sichtbar sind. Man thut gut, die Hauptsterne der jeweils in Betracht kommenden Sternbilder auf der Karte vor den Augen der Schüler mit Rot- oder Blaustift zu markieren.

Zur Durchführung dieser Methode hat der Verfasser nach dem Sternkatalog von Dr. Ed. Heis eine Sternkarte gezeichnet, die, aus vier gleichgrofsen Blättern bestehend, bei einer Gesamtlänge von 225 cm und einer Breite von 30 cm die Zone zu beiden Seiten des Äquators bis zu 23 bez. 28° Deklination enthält. (Die Karte ist von der Autographiedruckanstalt von Jos. Brandl in München, Hofstatt Nr. 2, für 30 Pf. pro Exemplar zu beziehen.) Die Zone ist in ganze Grade eingeteilt, so dafs Viertelgrade in Rektascension und Deklination leicht eingezeichnet werden können; der obere und untere Rand enthalten die Rektascension sowohl in Graden wie in Stunden. Den Bedarf an solchen Karten giebt der Verfasser auf etwa 10 Exemplare im Laufe eines Jahres an. Die Positionsangaben für den Lauf von Sonne, Mond und Planeten entnimmt man den in dieser Zeitschr. veröffentlichten Tabellen oder direkt den Ephemeriden des Nautischen Jahrbuches, das vom Reichsamt des Innern herausgegeben und für nur 1,50 M. käuflich ist.

Auch Berechnungen von Auf- und Untergang eines Gestirns können zum Hinweis auf ein Sternbild dienen, wenn man als Beispiel einen gerade sichtbaren Fixstern oder Planeten oder den Mond benutzt. Bei Besprechung der scheinbaren Sonnenbahn treten die

zwölf Bilder des Tierkreises auf und werden nach und nach in den Abend- oder Morgenstunden durch den Mond im ersten oder letzten Viertel auffindbar sein. Die Verfolgung des Planetenlaufs giebt gleichfalls Gelegenheit zur Aufsuchung von Sternbildern, endlich kann das eingangs erwähnte Vorkommen von Sternbildern in der Klassikerlektüre zu deren Aufsuchung am Himmel veranlassen. Mit Recht aber warnt der Verfasser vor dem Zuviel. „Wer in einer Nacht viel auf einmal sehen will, lernt nie sich am Himmel zurechtfinden. Eher empfiehlt es sich, ein Sternbild, das man um 8 Uhr sicher kennen gelernt hat, um 9 oder 10 Uhr wieder zu suchen. In veränderter Stellung erst prägt es sich sicher ein, und der Schüler erhält dadurch eine klare Vorstellung von der scheinbaren Rotation der Himmelskugel.“

Die erwähnte Karte kann schliefslich noch benutzt werden zur Vorführung der Bedingungen für das Zustandekommen einer Sonnenfinsternis, und zur Erläuterung des zweiten Keplerschen Gesetzes, da der in 24 Stunden vom Monde in der Erdnähe zurückgelegte Bogen bei dem Mafsstab der Karte um 2 cm länger ist als der in der gleichen Zeit in der Erdferne durchlaufene Weg.

Die zweite Veröffentlichung rührt von Prof. Alois Höfler in Wien her, der im Jahresbericht der theresianischen Akademie zu Wien Mitteilung darüber macht, „welche Himmelserscheinungen während des Schuljahres 1896/97 von den Schülern beobachtet worden sind“. Der Verfasser hat seit dem Anfang des genannten Jahres eine Schülersternwarte eingerichtet, wozu sich ein in der Nähe des Gymnasiums gemietetes hochgelegenes Zimmer mit darüber gelegener Plattform überaus geeignet erwies. Als „Mire“ für messende Beobachtungen konnte die bei Nacht erleuchtete Uhr des Wiener Rathauses dienen, deren Azimut mittels der Stellung des Polarsterns genau bestimmt wurde. In dem Zimmer befanden sich die Instrumente: ein katoptrisches Fernrohr mit 6,5 cm Objektivöffnung, ein Brachyteleskop von Fritsch mit 10 cm Spiegelöffnung, eine französische Winkeltrommel (anstelle eines Theodoliten) und ein alter Spiegelsextant englischen Ursprungs. Die Beobachtungen bezogen sich, wie schon in einem früheren Jahresbericht (1889/90) beschrieben, zunächst auf Sonne und Mond, dann aber namentlich auf die Planeten, für deren Verfolgung Koppes Tafel in den Händen der Schüler sich als überaus wertvoll und handsam erwies. Venus wurde die Wintermonate hindurch bis zu ihrer gröfsten Elongation am 16. Februar und der Phase des gröfsten Glanzes am 21. März und dann weiter als immer schmaler werdende Sichel bis zum 9. April beobachtet. Der Mars gab Anlafs zur Beobachtung einer Schleife, die als willkommene Veranschaulichung der für das Kopernikanische System so wichtig gewordenen Erscheinung diente. Höfler hat auch bereits vor Ducrue die Methode der Klassenkarte in noch vollkommenerer Weise zur Anwendung gebracht, indem er eine 4 m lange transparente Darstellung des Fixsternhimmels nördlich und südlich der Ekliptik an dem ebenfalls 4 m langen Experimentiertische ausspannte und dahinter einen schmalen, aber längeren Streifen anbrachte, der die aufeinanderfolgenden Jahrgänge der Marsbahn in einer stetigen Kurve zeigte. An dieser weithin sichtbaren Zeichnung konnten u. a. die immer gleichbleibenden Zeitlängen vom Passieren eines auf- bez. absteigenden Knotens bis zum nächsten von den Schülern selbst abgelesen werden. — Auch Jupiter und Saturn wurden beobachtet, am Jupiter ein Austritt des II. Trabanten aus dem Schatten am 14. Juni 1897 abends. An demselben Abend wurde das Sichtbarwerden mehrerer Fixsterne nach der Position in Azimut und Höhe, ohne Anhalt an benachbarten Sternbildern, von den Schülern gut erkannt, das Aufgehen des Vollmondes fast genau entgegengesetzt dem Untergangspunkte der Sonne u. dgl. m. beobachtet. Erwähnung verdient auch die gröfste östliche Elongation des Merkur am 28. Juni, der mit freiem Auge aufgefunden und deutlich gesehen wurde. Auch der Doppelstern Mizar im gr. Bären wurde wiederholt beobachtet. Überhaupt erwies sich das Beobachtungsmaterial als nahezu unerschöpflich. — Wir fügen den hier gemachten Mitteilungen den Wunsch hinzu, dafs das von Höfler gegebene Beispiel auch bei uns vielfache Nachahmung finden möge. Erfreulich ist, dafs wiederum an einer Anstalt, dem Wiesbadener Realgymnasium, eine Schülersternwarte zur Ausführung kommt. *P.*

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Telegraphie ohne Drähte. Über die früheren Versuche von W. H. Preece in England und von W. und E. Rathenau und H. Rubens in Deutschland wurde in dieser Zeitschrift *VII 255* und *VIII 280* bereits berichtet. Als anfangs 1895 das Kabel zwischen Oban und der Insel Mull brach, und eine sofortige Wiederherstellung nicht möglich war, zog man auf beiden Seiten des Kanals parallele Leitungen. Den primären Strom, der 260mal in der Sekunde unterbrochen wurde, lieferte eine Leclanché-Batterie von 100 Zellen; als Empfänger diente ein Telephon. Derartige Anlagen waren aber bei Schiffen und Leuchttürmen nicht ausführbar. Im August 1896 versuchte man zwischen dem North Sandhead-Leuchtschiff und dem Lande eine telegraphische Verbindung ohne Draht herzustellen, indem man auf den Meeresboden unter dem Leuchtschiff eine Kabelrolle legte und das Schiff selbst mit einem Kabel umwickelte. Die Entfernung zwischen den beiden so gebildeten Rollen betrug 200 Faden; eine Verständigung war nicht möglich, da das Seewasser und die eiserne Schiffswand die ganze Energie verzehrten.

Kurz vor diesem mifslungenen Versuch war Marconi mit einem neuen Vorschlage nach England gekommen. Während Preece sich auf Faradays Entdeckungen stützte, benutzte Marconi Hertzsche Wellen.

Bereits Ende 1889 hatte Herr Civilingenieur H. Huber bei Hertz angefragt, ob es vielleicht möglich wäre, mit elektrischen Wellen ohne fortlaufenden Draht zu telephonieren. Darauf erwiderte Hertz[1]) am 3. Dezember 1889: „Magnetische Kraftlinien lassen sich ebenso gut wie die elektrischen als Strahlen fortpflanzen, wenn ihre Schwingungen nur schnell genug sind, denn in diesem Falle gehen sie überhaupt mit den elektrischen zusammen, und die Strahlen und Wellen, um welche es sich in meinen Versuchen handelt, könnte man ebenso gut magnetische als elektrische nennen. Aber die Schwingungen eines Transformators oder eines Telephons sind viel zu langsame. Nehmen Sie tausend Schwingungen in der Sekunde, was doch eine sehr hohe Zahl ist, so würde dem doch im Äther schon eine Wellenlänge von 300 km entsprechen, und von der gleichen Gröfsenordnung müfsten also auch die Brennweiten der benutzten Spiegel sein. Könnten Sie also Hohlspiegel von der Gröfse eines Continentes bauen, so könnten Sie damit die beabsichtigten Versuche sehr gut anstellen, aber praktisch ist nichts zu machen, mit gewöhnlichen Hohlspiegeln würden Sie nicht die geringste Wirkung verspüren. So vermute ich wenigstens."

Eine Verwendung Hertzscher Wellen zum Telephonieren oder Telegraphieren war abhängig von der Erzeugung kurzer elektrischer Wellen. Marconi erregt mit einer Righischen Strahlenqelle Wellen von etwa 120 cm Länge, also einer Schwingungszahl von etwa 250 Millionen, die in offenem Gelände auf einen entfernten, sehr empfindlichen und zuverlässigen Empfänger einwirken. Marconis Sender besteht aus zwei Kugeln, zwischen denen der von der Sekundärspule eines Induktors erzeugte Funken überspringt. Der primäre Stromkreis enthält aufser der Primärspule und dem Unterbrecher noch eine Batterie und einen Telegraphenschlüssel. Bei Stromschlufs erregen die Funken zwischen den Kugeln Hertzsche Wellen, die sich nach allen Richtungen fortpflanzen. Durch kürzeres oder längeres Schliefsen des primären Stromkreises ist es möglich, einem auf Hertzsche Wellen ansprechenden Empfänger Zeichen zu übermitteln. Marconis Empfänger ist eine Verbindung des Hertzschen Resonators mit dem Branlyschen Cohärer (d. Ztschr. *IX 131*, *155*). Letzterer ist mit zwei Metallflächen (Kupferflügel) veränderlicher Gröfse versehen, um die Kapazität ändern d. h. um Geber und Empfänger auf eine ganz bestimmte Schwingungszahl abstimmen zu können, so dafs die Zeichen unabhängig von Zeichen anderer Schwingungszahl übermittelt werden. Im Nebenschlufs zu den beiden Polen des Cohärers liegen ein Element und ein gewöhnlicher telegraphischer Empfänger. Treffen die Hertzschen Wellen auf die Metallflügel, so machen sie die Feilspähne im Cohärer besser leitend, wodurch der Strom in dem Nebenschlufs verstärkt und der Empfänger zum Ansprechen gebracht wird.

---

[1]) E. T. Z. XVIII 541, 1897.

Fig. 1 stellt schematisch den Marconischen Sender dar. Zwei Paar volle polierte Messing- oder Kupferkugeln *dd* und *ee* lagern in den Ebonitträgern $d_1 d_1$ und $e_1 e_1$[2]). Zwei Stellschrauben $e_2 e_2$ gestatten, die Entfernung der Träger $e_1 e_1$ zu regeln. Um die Kugeln *e e* ist ein Stück Pergament gelegt und der so gebildete Hohlraum mit Vaselinöl ausgefüllt. Bei einem Induktor von 20 cm Funkenlänge kann die Entfernung zwischen *d* und *e* 2,5 cm und die zwischen *e* und *e* etwa 1 mm betragen. Mit der Gröfse der Kugeln wächst auch die Entfernung, auf die telegraphiert werden kann. Ein parabolischer Cylinderspiegel, in dessen Brennlinie sich die beiden Kugeln *e e* befinden, wirft ein elektrisches Strahlenbündel in eine bestimmte Richtung. Fehlt der Spiegel, so pflanzen sich die Hertzschen Wellen nach allen Seiten fort. Die Kugeln *d d* sind mit den Enden $c_1 c_1$ der Sekundärspule eines Induktors *c* verbunden. In den primären Kreis ist eingeschaltet: ein Selbstunterbrecher, der durch einen kleinen Elektromotor betrieben wird, die Batterie *a* und ein Telegraphenschlüssel *b*, mit dem der Stromkreis kürzere oder längere Zeit geschlossen werden kann, um dem auf Hertzsche Wellen ansprechenden Empfänger Zeichen zu übermitteln. Liegen zwischen Sender und Empfänger Hindernisse, so wird die eine Kugel *d* mit der Erde und die andere Kugel *d* mit einer in beträchtlicher Höhe über dem Erdboden befindlichen Metallfläche leitend verbunden. Die Fläche, die die Form eines Cylinders oder Kegels haben kann, wird vorteilhaft an einem hohen Maste, Luftballon oder Drachen aufgehängt. Je höher die Fläche hängt, desto gröfser ist die Entfernung, auf die Zeichen gegeben werden können.

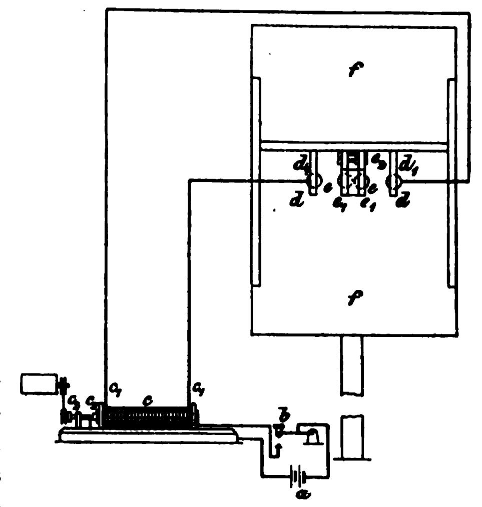


Fig. 1.

Fig. 2 zeigt schematisch die Anordnung des Marconischen Empfängers. Der im Cohärer *j* fliefsende Strom wirkt nur durch das sehr empfindliche und nur durch eine Zelle *g* betriebene Relais *n* auf den Telegraphenapparat *h*. Durch das Relais wird der Stromkreis der Batterie *r* und des Telegraphenapparates *h* sowie ein zweiter hierzu parallel geschalteter und von derselben Batterie gespeister Stromkreis geschlossen. Letzterer enthält den schnell schwingenden elektrischen Hammer *p*, der nach jedem Signal gegen das Rohr des Cohärers klopft und durch die Erschütterung eine Umlagerung des Pulvers bewirkt und so den durch den Einflufs der elektrischen Wellen verstärkten Strom wieder schwächt. Um den Cohärer vor den Induktionswirkungen des Hammers u. s. w. zu schützen, sind parallel zum Hammer bifilar gewickelte Nebenschlüsse p_1 und p_2 mit hohem Widerstand eingeschaltet. Ebenso sind Relais *n* und Schreibapparat *h* durch die Nebenschlüsse *q* und h_1 gesichert. Der Widerstand p_1 ist viermal so grofs als der des Hammers und der Widerstand *q* viermal so grofs als der des Relais *n*; *s* ist ein Flüssigkeitswiderstand mit einer elektromotorischen Gegenkraft von 10 V bei 15 V Batteriespannung und entspricht ungefähr 20 000 Ohm. Er besteht aus Röhren mit angesäuertem Wasser, in deren Böden Platindrähte eingeschmolzen

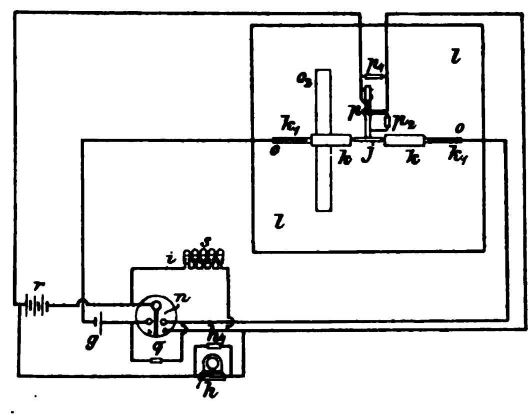


Fig. 2.

[2]) Nach den Ausführungen von H. Rubens (d. Zeitschr. *X 239*) dürften wohl die Kugeln *d d* entbehrlich sein.

sind. Werden Telegraphenapparat und Hammer, wie beschrieben, parallel geschaltet, so müssen ihre Widerstände gleich sein.

Die Einzelheiten im Bau des Cohärers sind aus Fig. 3 zu ersehen. Zwischen zwei Silberblöcken $j_2 j_2$, die durch eingeschmolzene Platindrähte nach aufsen abgeleitet sind, befindet sich das Pulver j_1, das aus einer Mischung von 76% Hartnickel und 4% Silberfeilspähne besteht, der eine Spur Quecksilber beigefügt ist; besser jedoch ist es, die Elektroden zu amalgamieren. Die Röhre ist 46 mm lang und hat 2—2,5 mm lichte Weite. Die 5 mm langen Silberstücke $j_2 j_2$ stehen etwa 0,8 mm auseinander. Das Metallpulver mufs grob und durch

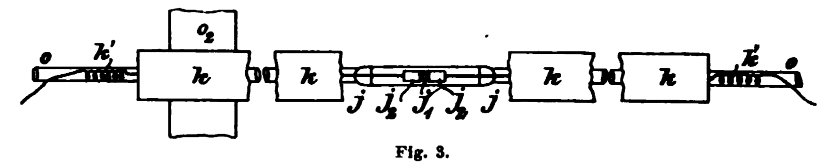


Fig. 3.

Sieben gleichmäfsig gemacht sein. Das Pulver wird mit einer Rauhfeile hergestellt, die häufig gereinigt, getrocknet und nur warm angewendet wird. Das Pulver soll lose zwischen den Pflöcken liegen, so dafs man beim Anklopfen an das Rohr eine freie Beweglichkeit wahrnehmen kann. Es ist nicht notwendig, aber zweckmäfsig, das Rohr auszupumpen; bei den Versuchen Marconis wurde ein Druck von eintausendstel Atmosphäre angewendet.

Die Abstimmung des Empfängers geschieht mittels der beiden Metallplatten $k\,k$, die mit den Ableitungen der strahlenempfindlichen Röhre verbunden sind. Sie sind aus Kupfer oder einem anderen Metall, etwa 0,5 mm dick und 1,5 mm breit. Die Länge mufs durch einen Vorversuch bestimmt werden. Marconi verfuhr hierbei folgendermafsen: Er klebte auf eine Scheibe etwas Zinnblatt, das er in zwei gleiche Stücke zerschnitt. Diese setzte er den Strahlen des Senders aus und verlängerte oder verkürzte sie so lange, bis in einer entsprechenden Entfernung vom Sender in dem Spalt zwischen den beiden Stücken Funken übersprangen. Die Kupferflügel machte er etwa $1^1/_2$ cm kürzer als die Zinnblätter.

Die Platten sind mit einem dünnen höchstens 30 cm langen Glasrohr o verbunden, das am einen Ende in einem hölzernen Träger o_2 sitzt. Die Dämpfungsrollen $k'\,k'$ verhindern den Übergang von Schwingungen in den Stromkreis der Batterie. Der Empfänger kann in die Brennlinie eines kupfernen parabolischen Cylinderspiegels gestellt werden. Die Höhe und Breite des Spiegels darf nicht kleiner als die doppelte Wellenlänge sein. Als Focalabstand ist $^1/_4$ oder $^3/_4$ der Wellenlänge zu empfehlen. Ist der Sender mit der Erde und der Luftplatte verbunden, so mufs auch bei dem Empfänger der eine Pol der Cohärerröhre j zur Erde abgeleitet und der andere mit einer Metallfläche verbunden sein, die an einem hohen Maste oder Luftballon oder Drachen in gehöriger Entfernung von der Erdoberfläche aufgehängt ist.

Mit diesem Apparate wurden zwischen Penarth und Brean Down über den Bristolkanal hinweg, also auf die Entfernung von 14 km, ohne Anwendung von Spiegeln ausgezeichnete Erfolge erzielt. Bei den Versuchen, die bei Spezzia von der Commission der italienischen Flotte im Beisein des Erfinders angestellt wurden, gelang die Übertragung vom Land auf ein Schiff in Fahrt unter günstigen atmosphärischen Verhältnissen bis auf 16,7 km gut. Das Vorhandensein einer elektrischen Spannung in der Luft, hohe Berge, Inseln, Landvorsprünge zwischen Sender und Empfänger machten jedoch jede Verständigung unmöglich. Auch zeigte der Apparat noch mehrere Unvollkommenheiten, deren Beseitigung zu wünschen ist. *E. T. Z. XVIII 349, 430, 505 u. 587, 1897.* — Neuerdings ist es Prof. Slaby von der Technischen Hochschule in Charlottenburg-Berlin bereits gelungen, bei ungünstigen atmosphärischen Verhältnissen auf 21 km Entfernung Depeschen auszuwechseln. *E.T.Z. XVIII 658.*

Marconis Verfahren hat als erste technische Anwendung Hertzscher Wellen grofses Aufsehen erregt. Seine Verwendung in der Praxis läuft auf eine Neubelebung des alten optischen Telegraphen hinaus, bei dem man ebenfalls in dem Mittel zwischen Sender und Empfänger nicht nach Belieben die Bedingungen herstellen kann, die zur Übermittelung von Zeichen erforderlich sind. *H.-M.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Neueste Anschauungen über Elektrizität. Von Oliver J. Lodge, Prof. d. Physik in Liverpool. Übersetzt von Anna v. Helmholtz u. Estelle du Bois-Reymond. Herausgegeben durch Richard Wachsmuth. Leipzig, J. A. Barth, 1896. XV u. 539 S. Geh. 10 M., geb. 11 M.

Das vorliegende Buch enthält die Äthertheorie der Elektrizität. Der Verfasser ist von dem Vorhandensein des Äthers fest überzeugt und die Beweise dafür hält er für ebenso sicher und unmittelbar wie die für das Dasein der Luft. Wenn er auch nicht so weit geht zu behaupten, „Elektrizität ist Äther“, so fafst er doch die Elektrizität nicht als eine Form der Energie, sondern als eine Form des Äthers oder eine Art seiner Bethätigung auf; für ihn ist zur Zeit die Hauptfrage der Physik: Was ist Äther? Es ist unzulässig, den Äther des Weltraums als eine Art „verklärten Peches“ aufzufassen, das für rasche Schwingungen fest und für stetige Kräfte flüssig ist; hingegen scheint Fitzgeralds Wirbelschwamm, eine in heftiger Wirbelbewegung begriffene Flüssigkeit, die aus schwammartig in einander verflochtenen Wirbelfäden besteht, alle Eigenschaften des Äthers zu haben und allen elektrischen, also auch allen optischen Ansprüchen zu genügen.

Anknüpfend an die Arbeiten von Franklin, Cavendish und vor allen von Faraday, Maxwell und W. Thomson, behandelt Lodge in höchst eigenartiger Darstellung die ruhende, die strömende, die drehende und die strahlende Elektrizität. Die Darlegungen werden durch eine Reihe sinnreicher mechanischer Bilder und Modelle veranschaulicht, deren Lehrwert zwar sehr hoch anzuschlagen, deren Verwendung im Unterricht aber, da fast jede Erprobung in unseren Schulbetrieben noch fehlt, eine gereifte Erfahrung und ein feines Gefühl für das Zulässige und das Zweckmäfsige erfordert. Am Schlusse des Buches sind drei Vorlesungen über den Zusammenhang von Elektrizität und Licht, über den Äther und seine Funktionen und über die Leydener Flasche abgedruckt. Die beiden ersten haben heute einen mehr geschichtlichen Wert, die letzte aber ist ein wahres Meisterstück physikalischer Darstellung, die den alten abgenutzten Apparat im Lichte der neuen Anschauungen mit unerwartetem Reiz und Glanz beleuchtet. Der Anhang enthält einige tiefer greifende theoretische Erörterungen wichtiger Begriffe, von denen die Bemerkungen über die Dimensionen elektrischer Gröfsen und Newtons Vermutungen über den Äther hervorzuheben sind.

Da Lodge fast nur englische und amerikanische Arbeiten auf elektrischem Gebiet kennt, vermag er die grundlegenden Fragen nicht mit der Allseitigkeit und Tiefe zu erörtern, an die man in Deutschland durch die Leistungen eines Hertz, Boltzmann, Mach u. a. gewohnt ist. Auf dem Gebiete der Elektrochemie hat er keineswegs die neuesten Anschauungen vertreten. Seine eigenartigen Darlegungen sind manchmal nicht leicht verständlich, zuweilen seltsam und überraschend, nicht immer wohlgeordnet, stets aber geistreich und wertvoll. In die theoretische Erörterung sind mehrfach sehr schöne Versuche mit neuen Vorrichtungen und Anordnungen eingeflochten. Jeder Lehrer wird für sich und seine Schüler aus einer gründlichen Durcharbeitung dieses Buches, das leider etwas spät übersetzt wurde, reichen Gewinn ziehen. *Hahn-Machenheimer.*

Das Physikalische Institut der Universität Erlangen. Von Prof. Dr. Eilhard Wiedemann. Mit 8 Figuren im Text und 7 Tafeln. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1896. 56 S. M. 6,—.

Das neue Unterrichtsgebäude für Physik ist nach Angaben des Verfassers von dem Universitätsarchitekten Scharff entworfen und in allen Teilen den neueren Anforderungen gemäfs eingerichtet. Der elektrische Strom wird von mehreren Dynamomaschinen geliefert, die durch einen Deutzer Gasmotor von 5 P.S. getrieben werden; die Stromverteilung geschieht durch Vermittlung einer Akkumulatorenbatterie von 60 Tudorelementen. Besonders zweckmäfsig ist das Praktikum für Anfänger eingerichtet; in einer Reihe von Zimmern sind Arbeitsplätze angeordnet, an denen die Apparate für 36 verschiedene Übungen aufgestellt sind; diese Apparate bleiben während des ganzen Semesters an ihrer Stelle stehen, an den Tischen befinden sich Tafeln, auf denen besonders zu beachtende Punkte verzeichnet sind. Die Arbeiten erfolgen im übrigen in der aus Wiedemann und Eberts Praktikum zu ersehenden Weise. *P.*

Die Praxis des Chemikers bei Untersuchung von Nahrungs- und Genufsmitteln, Gebrauchsgegenständen und Handelsprodukten, bei hygienischen und bakteriologischen Untersuchungen, sowie in der gerichtlichen und Harn-Analyse. Von Dr. Fritz Elsner. Sechste, durchaus umgearbeitete und wesentlich vermehrte Auflage. Mit 169 Abbildungen und zahlreichen Tabellen. Hamburg und Leipzig, Leopold Voss, 1895. 829 S. M. 12,50.

Dieses Werk, welches im Verlauf von fünfzehn Jahren sechs Auflagen erlebt hat, ist in erster Linie für die praktischen Chemiker bestimmt. Im Kreise dieser hat es sich die ungeteilteste Anerkennung durch seinen reichen, alle Gebiete der praktischen Chemie (beispielsweise auch die Mikro-

photographie) umfassenden Inhalt, sowie durch die sorgfältige Auswahl der zuverlässigsten unter den zahlreichen analytischen Methoden erworben. Die Darstellungsart ist zwar nicht immer ganz schulmäfsig, aber stets frisch, klar und anregend. Die neue Auflage unterscheidet sich von den früheren insbesondere durch eingehende Berücksichtigung der Hygiene und darf daher, da überdies stets die einschlägigen Gesetze nebst den vom Reichsgesundheitsamte empfohlenen Grundsätzen und Prüfungsverfahren abgedruckt sind, gleichzeitig als vorzügliche Grundlage zur Vorbereitung für das neu eingeführte Staatsexamen der Nahrungsmittel-Chemiker bezeichnet werden. Aber auch jeder aufserhalb der chemischen Praxis stehende naturwissenschaftliche Fachmann, insbesondere der Lehrer der Naturwissenschaften an höheren Schulen, wird viele Kapitel des Buches wie „Grundmethoden zur Bestimmung der Nährstoffe in Nahrungs-, Genufs- und Futtermitteln“, „Petroleum“, „alkoholische Genufsmittel“, „Heizung und Brennstoffe“, „Luft“ u. s. w. mit grofsem Interesse lesen und in ihnen manches für seine Zwecke Verwendbare finden. *J. Schiff.*

Die modernen Theorieen der Chemie. Von Prof. Dr. Lothar Meyer in Tübingen. 6. Auflage. 1. Buch: Die Atome und ihre Eigenschaften. Breslau, Maruschke u. Berendt, 1896. XVIII und 171 S. M. 5,60.

Lothar Meyers Werk „Die modernen Theorieen der Chemie“, welches im Jahre 1862 zum ersten Male erschien, ist die erste zusammenfassende Darstellung jener neueren Theorieen gewesen, welche noch in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts mit den älteren chemischen Vorstellungen im Kampfe lagen, und ist, in seinen verschiedenen Auflagen den raschen Fortschritten der Wissenschaft sich anpassend und diese gleichzeitig befruchtend, der klassische Ausdruck derselben geworden. Für die neue Auflage hatte sich der Verfasser zu einer durchgreifenden Änderung entschlossen: er zerlegte nämlich das Werk mit Rücksicht auf das starke Anwachsen des Inhalts in drei selbständige Bücher, „deren erstes die Atome und ihre Eigenschaften, das zweite die Statik oder die Lehre vom Gleichgewicht der Atome in den Verbindungen, das dritte die Dynamik oder die Lehre vom chemischen Umsatze“ behandeln sollte. Unmittelbar nachdem er den ersten Teil druckfertig gemacht hatte, wurde er der Wissenschaft durch den Tod geraubt. Die Pflicht, denselben zu veröffentlichen, ist daher dem Bruder des Heimgegangenen, dem Breslauer Physiker O. E. Meyer, zugefallen, welcher den Druck geleitet und ein pietätvolles Vorwort hinzugefügt hat. Ob eine Neubearbeitung der beiden weiteren Teile durch einen anderen Gelehrten stattfinden wird, steht noch nicht fest. Zur Zeit liegt also in der sechsten Auflage nur der erste Band des Werkes vor. Allerdings bietet derselbe ein völlig abgerundetes Ganzes, und wir müssen uns dankbar freuen, dafs es dem heimgegangenen grofsen Forscher und unerreichten Meister in der Kunst theoretischer Darstellung wenigstens vergönnt gewesen ist, diesen zu vollenden. Möge Lothar Meyers „Monographie der Atome“ in der Handbibliothek keines Lehrers der Chemie und Physik, dem es mit dem Eindringen in die theoretischen Grundlagen der Wissenschaft ernst ist, fehlen. *J. Schiff.*

Mineralogisch-chemischer Kursus. Leitfaden für den Unterricht in der Mineralogie und Chemie an Gymnasien, Realschulen und anderen höheren Lehranstalten. Nach methodischen Grundsätzen bearbeitet von O. Ohmann, Oberlehrer am Humboldt-Gymnasium in Berlin. 2. Auflage, mit 99 in den Text gedruckten Figuren. Berlin, Winckelmann u. Söhne, 1896. VIII u. 176 S. M. 1,40.

Die erste Auflage dieses Buches, welche 1889 erschienen ist, war einer der ersten Versuche, den mineralogischen und den chemischen Unterricht zu verbinden. Seither ist diese Vereinigung durch die Lehrpläne von 1891 geradezu vorgeschrieben worden, und zwar insbesondere für das Gymnasium. Allerdings stellen die Lehrpläne die Besprechung der chemischen Erscheinungen in den Vordergrund und wollen die Behandlung einzelner wichtiger Mineralien nur angeschlossen wissen, während in obigem Leitfaden der umgekehrte Gang verfolgt wird, d. h. die morphologische und physikalische Betrachtung gewisser Mineralien den Ausgangspunkt bildet; aber thatsächlich wiegt auch hier das Chemische vor, wie es den Anforderungen des Gymnasiums entspricht. Hingegen ist der Stoff mit Rücksicht auf die geringe Zeit, welche auf den Gymnasien für diesen Unterricht zur Verfügung steht, zu reichlich bemessen.

In seinem methodischen Gange schliefst sich der Leitfaden an die bewährten Grundsätze an, welche die Herren Vogel, Müllenhoff und Kienitz-Gerloff in den botanisch-zoologischen Unterricht mit so grofsem Erfolge eingeführt haben. Rühmend hervorzuheben ist die grofse Klarheit und Schärfe der Erläuterungen, in welchen „die am einzelnen Mineralkörper gewonnenen Begriffe fixiert werden“. Auch ist im allgemeinen die Durchführung der induktiven Methode wohl gelungen. Nur an der Darstellung der Atomlehre haben wir einiges auszusetzen. So werden zunächst (S. 80) die Gewichtsverhältnisse der vorher besprochenen Sulfide und Oxyde auf $S = 32$ und $O = 16$ bezogen, ohne dafs begründet wird, warum gerade diese „Verbindungsgewichte“, die früher nur als die spezifischen Ge-

wichte der betreffenden Elemente im Gaszustand aufgetreten waren, zu Grunde gelegt sind. Ebenso sieht man nicht ein, weshalb für den Kohlenstoff das Verbindungsgewicht 12 (aus CO), und nicht, was an dieser Stelle wohl näher läge, das Verbindungsgewicht 6 (aus CO_2) abgeleitet wird; ähnlich liegt es beim Eisen u. s. w. Allerdings finden diese Willkürlichkeiten an späterer Stelle, wo von den Beziehungen zwischen den spezifischen und den Verbindungsgewichten der gasförmigen Elemente die Rede ist, teilweise ihre Erklärung; auch erreicht Verf. auf diese Weise den Vorteil, dem Anfänger die Unterscheidung zwischen Verbindungs- und Atomgewichten zu ersparen und beide identifizieren zu können, was allerdings andererseits nicht allgemein üblich ist. Für den Avogadroschen Satz (S. 104) hätten wir ferner eine etwas eingehendere physikalische Begründung gewünscht; hingegen hätte wohl die Annahme von der Zweiatomigkeit der Molekel, die sich nur für die gasförmigen Elemente begründen läfst, nicht auf die festen Elemente ausgedehnt zu werden brauchen.

Im übrigen sei auf die Besprechung der 1. Auflage des Leitfadens in dieser Zeitschrift (*III 49*) verwiesen und dem daselbst ausgesprochenen lobenden Urteile noch hinzugefügt, dafs durch die neuen — selbst das Argon und Helium berücksichtigenden — Zusätze, vor allem durch die ausführliche Tabelle der chemischen Elemente und durch die auf die Technik des Experimentes bezüglichen Angaben, die Brauchbarkeit des Buches für Schüler und Lehrer noch vermehrt worden ist. Dasselbe sei insbesondere Realschulen und ähnlichen Anstalten, denen für den chemisch-mineralogischen Unterricht wenigstens zwei Semester zur Verfügung stehen, warm empfohlen. *J. Schiff.*

Programm-Abhandlungen.

Eine Erweiterung des Satzes vom Reversionspendel. Von Prof. Baisch. Königl. Realanstalt Heilbronn, Ostern 1896. Pr. No. 608. 17 S.

Durch Diskussion der Gleichung für die reduzierte Länge eines mathematischen Pendels, das zwei gleiche Massen in verschiedenen Abständen vom Drehungspunkt trägt, findet der Verfasser den allgemeinen Satz: Wird ein Pendel, dessen Aufhängepunkt in der oberen wagerechten Seite eines Quadrats liegt, senkrecht zu seiner Richtung verschoben, und bewegen sich auf ihm zwei gleiche Massen so, dafs die eine in der Diagonale des Quadrats, die andere auf dem um das Quadrat beschriebenen Kreise sich bewegt, so bewegt sich sein Schwingungspunkt auf der unteren Quadratseite; die mathematische Länge des Pendels bleibt unverändert gleich der Quadratseite. Bei ungleichen Massen ergiebt sich ein ähnlicher Satz, von dem vorhergehenden nur dadurch unterschieden, dafs die zweite Masse sich auf einer um das Quadrat beschriebenen Ellipse bewegt, deren Achsen durch die Gröfse der Massen bestimmt sind. *P.*

Einiges aus der Physik. Für die Prima des Realgymnasiums. Von Direktor W. Gallien. R. G. zu Noifse, Ostern 1896. Pr. No. 221. 8 S. und eine Tafel.

Die hier dargebotenen fünf Beiträge sind wesentlich mathematischer Natur. Es werden in 1 die Gesetze der Bewegung eines Körpers abgeleitet, auf welchen eine Kraft wirkt, die proportional der Entfernung vom Mittelpunkt der Bewegung ist. Abweichend von der üblichen Methode, die von der Projektion einer gleichförmigen Kreisbewegung auf einen Durchmesser ausgeht, wird die Hauptformel $T = 2\pi/\sqrt{k}$ mit Hülfe des Arbeitsbegriffs entwickelt. Danach wird in 2 die Fortpflanzung der Wellenbewegung behandelt und die Gleichungen für Elongation und Geschwindigkeit eines Teilchens einer Molekülreihe aufgestellt. In 3 wird die Interferenz zweier Wellenbewegungen unter Voraussetzung gleicher Amplitude, gleicher Schwingungszahl und gleicher Wellenlänge behandelt. In 4 wird die Formel $c = \sqrt{e/d}$ für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellenbewegung unter Zugrundelegung der Verschiebungen zweier benachbarter Teilchen bei der stehenden Wellenbewegung abgeleitet. In 5 endlich wird zum Beweise des Huygensschen Prinzips die Aufhebung der Wellenbewegungen, die von zwei benachbarten Kugelzonen ausgehen, in bekannter Weise rechnungsmäfsig dargestellt. *P.*

Historische Übersicht über die Untersuchungen der Verteilung der Wärme im Sonnenspektrum. Von Beuriger. Kgl. Gymnasium zu Neuwied, Ostern 1896. Pr. No. 464. 46 S. 8° und eine Figurentafel.

Die Übersicht ist unter sorgfältiger Benutzung der Litteratur, namentlich auch des in den „Fortschritten der Physik" enthaltenen Materials zusammengestellt und giebt ein interessantes Bild der fortschreitenden Erkenntnis auf diesem Gebiet, die sich besonders an die Namen Herschel, Seebeck, Melloni, Magnus, Knoblauch, Lamansky und Langley knüpft. Die Forschungen des letzten Jahrzehntes sind von dem Verfasser nicht mehr berücksichtigt worden; der Höhepunkt ist in den bolometrischen Untersuchungen Langleys erreicht. *P.*

Das Unterrichtsgebäude für Physik und Chemie der Städtischen Oberrealschule zu Braunschweig. Vom Stadtbaumeister Osterloh und Dir. Dr. Wernicke. Pr. No. 720, 1897. 9 S. u. 4 Tafeln.

Der hier beschriebene Neubau, der in vieler Beziehung vorbildlich sein kann, ist auf einer Grundfläche von etwa 275 qm mit einem Kostenaufwand von 55 400 M. errichtet worden. Er enthält zwei Stockwerke von je 4,25 m Geschofshöhe. Im unteren Stockwerk (für Chemie) befindet sich ein Lehrzimmer (9 m : 6,5 m), ein Laboratorium (9,6 m : 6,5 m) und ein Zimmer für Mineraliensammlung und chemische Wage (9 m : 4 m). Im oberen Stockwerke sind die entsprechenden Räume für Physik als Lehrzimmer, Sammlungsraum und Arbeitszimmer (des Lehrers und ev. der Schüler) eingerichtet. Die vier Tafeln geben den allgemeinen Lageplan, Vorderansicht, Grundrifs und Längenschnitt des Gebäudes. *P.*

Versammlungen und Vereine.

69. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Braunschweig, 20.—25. September 1897.

I. Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht.

Über die Unterrichtsabteilung der Naturforscherversammlungen war eigentlich auf der vorjährigen Versammlung zu Frankfurt a. M. das Todesurteil ausgesprochen; innerhalb der dortigen Sektion war der Wunsch ausgedrückt, dafs nach Ablauf der jetzigen Organisationsperiode (bis 1898) die Unterrichtsabteilung ganz aufgehoben würde, da eine genügende Vertretung dieser Richtung durch den Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften vorhanden sei. Gerade dieser Verein hat aber inzwischen gegenüber dem Frankfurter Votum Stellung genommen; auf seiner in der Pfingstwoche dieses Jahres in Danzig abgehaltenen Hauptversammlung hat er beschlossen, dahin zu wirken, dafs die Unterrichtsabteilung auf den Naturforscherversammlungen auch in Zukunft beibehalten werde, damit die für die Vertreter des Schulamts durchaus erwünschten Beziehungen zu den Hochschulen weiter gepflegt und gefördert werden. Als Vertreter des Vereins zur Förderung des Unterrichts etc. referierte Herr Wernicke-Braunschweig über den in Danzig gefafsten Beschlufs, und daraufhin beschlofs die Unterrichtsabteilung der Naturforscherversammlung zu Braunschweig, an den Vorstand der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte das Ersuchen zu richten, diese Abteilung auch in Zukunft weiter bestehen zu lassen.

An Drucksachen waren für die Abteilung eingegangen: Schwalbe, Freihandversuche (Unterrichtsbl. f. Math. u. Naturwiss. 1897, No. 1 u. 3) und Osterloh u. Wernicke, Das Unterrichtsgebäude für Physik und Chemie der städtischen Oberrealschule zu Braunschweig (Programm No. 720, 1897). Letztgenannte Abhandlung veranlafste die Abteilung, eine Besichtigung des interessanten Neubaues für den physikalischen und chemischen Unterricht der Oberrealschule vorzunehmen.

Die Sitzungen der Unterrichtsabteilung wurden mit Ausnahme der ersten in Gemeinschaft mit der Abteilung für Mathematik mit Astronomie, zum Teil auch mit der Abteilung für Physik und Meteorologie abgehalten. In dem dadurch gewonnenen sehr grofsen Zuhörerkreise fanden die für die Unterrichtsabteilung angekündigten Vorträge eine ganz hervorragende Beachtung.

1. Herr Wernicke-Braunschweig sprach über: Allgemeinbildung und Berufsbildung. Im Anschlufs an ein Wort Schwalbes, dafs man leider in unserer Zeit „bei möglichst eingeschränkter Allgemeinbildung eine möglichst grofse Fachbildung in möglichst kurzer Zeit zu erlangen suche", wies der Redner darauf hin, dafs der „Kampf um den Weltmarkt" auch auf unsere Schulverhältnisse zurückwirkt, weil er auch eine möglichst wirtschaftliche Ausnutzung unserer geistigen Kräfte fordert. Zur Erläuterung des „Kampfes um den Weltmarkt" wurde die Einrichtung des neuen grofsartigen Handels-Museums zu Philadelphia dargelegt, dessen Zweck kein geringerer ist, als den Export Nord-Amerikas zu einem Maximum, den Import dahin zu einem Minimum zu machen. Mufs man solchen Bestrebungen gegenüber denen Recht geben, die auch für unser Vaterland ein System von Berufsschulen fordern? Oder darf man trotzdem an der alten deutschen Überlieferung festhalten, wonach jede Berufsbildung auf der Grundlage einer guten Allgemeinbildung aufzubauen ist? Das sind die Fragen, welche die Gegenwart bewegen. Um ihre Tragweite für unsere Verhältnisse festzustellen, wurden die deutschen und insbesondere die norddeutschen Schulverhältnisse, wie sie zur Zeit bestehen, skizziert. Dabei gelangte der Vortragende zu folgender Definition der Allgemeinbildung: Sie ist überall vorhanden, wo fremdsprachliche und mathematisch-naturwissenschaftliche Bildungselemente sich auf der Grundlage kulturgeschichtlicher Einsicht zu dem Ganzen einer ethisch-religiösen Weltanschauung vereinigen. Die allgemeinbildenden Schulen müssen bei uns den Stamm des ganzen Schulwesens bilden, und an diesen haben sich die Berufsschulen als Äste und Zweige anzugliedern. Man wird an der deutschen Überlieferung, die Berufsbildung auf Grundlage der Allgemeinbildung

aufzubauen, festhalten müssen, solange nicht die Konkurrenz des Auslandes auf dem Weltmarkte unser Vaterland zum Aufgeben seines traditionellen Standpunktes zwingt. Dagegen scheint es zweckmäfsig, fruchtbare Einrichtungen des Auslandes, welche sich übertragen lassen, anzunehmen, z. B. die „Bourses de séjour à l'étranger“ (vergl. den Bericht der Städtischen Oberrealschule zu Braunschweig 1896).

2. Herr Baumann-Göttingen sprach über das Thema: Inwiefern eignen sich die realen Wissenschaften immer mehr dazu, die Grundlage der Bildung der Zukunft zu werden? Es ist unmöglich, dafs Geschichte und Litteratur allein die volle Kenntnis des menschlichen Wesens, welche für die Bildung erforderlich ist, ergeben. Die Kunst, welche bis zu einem gewissen Grade auf dem subjektiven Empfinden des Einzelnen beruht, offenbart nicht die objektive Wahrheit; sie hat nicht wissenschaftliche, sondern ästhetische Bedeutung, sie wendet sich an Gefühl und Phantasie. Der Typus der griechischen Plastik ist im Sinne der Anatomie nur ein erträumtes morphologisches Ideal. Die Eigentümlichkeit der Dichtkunst besteht nach Goethe darin, die Affekte und Leidenschaften der Seele gesteigert in ihren möglichen Wirkungen vorzuführen; gerade deshalb hat auch die Dichtung nicht objektive, sondern lediglich poetische Wahrheit, indem sie dasjenige potenziert und isoliert, was in der Wirklichkeit nur gedämpft und gebunden vorkommt. Schiller und Shakespeare liefern eine Fülle von Beispielen dafür. — Die Naturwissenschaften besitzen neben ihrem Erkenntniswert auch praktisch-technischen und moralischen Wert, weil sie die Bedingungen der physischen und psychischen Lebenserhaltung und Lebensförderung wirksam lehren. Dieses tritt indessen erst in der jüngsten Zeit in vollem Umfange hervor, deshalb kann die Geschichte, zumal die griechisch-römische und die mittelalterliche, die wirksamsten Kräfte des Menschen nicht zeigen. Treffende Bemerkungen der Alten, beispielsweise des Tacitus, erhalten erst durch die neuere physiologische Psychologie ihre tiefere Begründung und richtige Begrenzung. Die Naturwissenschaften, besonders Anthropologie, physiologische Psychologie und naturwissenschaftliche Technik müssen den Abschlufs des höheren Jugendunterrichts bilden, und der gesamte Unterricht hat die Aufgabe, auf dieses Ziel hinzuleiten. Alle Lehrer, auch diejenigen der geschichtlichen und litterarischen Fächer, sind in Zukunft mit einer Bildung auszustatten, welche die realen Wissenschaften in vollstem Umfange berücksichtigt.

3. Herr Ebert-Kiel sprach über die Bedeutung des Kraftlinienbegriffs im physikalischen Unterricht. Der Vortragende führte eine Reihe von Bildern und Modellen vor, durch welche der Kraftlinienbegriff zur Darstellung der magnetischen und elektrischen Erscheinungen im Unterricht anwendbar zu machen ist. Durch Modelle aus Gummischlauch wurden auch die Systeme der Maxwellschen Molekularwirbel veranschaulicht. In ausführlicher Form sind die Gedanken des Vortragenden niedergelegt in seinem jüngst veröffentlichten Werke: Über magnetische Kraftfelder (Leipzig, Barth; d. Ztschr. *IX 199*).

4. Herr Hildebrandt-Braunschweig sprach über den Zeichenunterricht auf den höheren Lehranstalten.

Seit einer Reihe von Jahren haben die angesehensten Vertreter der Kunst, Kunstgeschichte, Technik, Mathematik, Medizin, Naturwissenschaften u. s. w. mit Nachdruck betont, dafs man dem Zeichenunterrichte als einem allgemein-bildenden Unterrichtsfache eine gröfsere Bedeutung und Wertschätzung zuweisen müsse, als es bisher geschah. Zu dieser allgemeinen Würdigung steht aber leider in schärfstem Gegensatze die mehr als untergeordnete Stellung, die das Zeichnen in den Lehrplänen unserer höheren Schulen einnimmt. Es erhebt sich die Frage: Was ist zu thun, um den Zeichenunterricht unter den gegebenen Bedingungen doch so fruchtbringend wie möglich zu gestalten? Das Zeichnen auf den höhern Schulen zerfällt in zwei Gebiete: 1. Projektionszeichnen, 2. Freihandzeichnen. Auf Grund langjähriger Erfahrungen auf diesen beiden Gebieten, sowie im mathematischen Unterrichte, zeigte der Vortragende, wie zunächst das Projektionszeichnen (die darstellende Geometrie) gehandhabt werden kann, um bessere Resultate als die bisherigen zu erzielen. In erster Linie geschieht das dadurch, dafs es stets, von Klasse zu Klasse, in innigste Verbindung gesetzt wird mit dem Unterrichte in der Geometrie. Eingehend wurde gezeigt, wie sich hier ganz ungezwungen eine aufserordentlich grofse Zahl von Berührungspunkten ergiebt, deren Beachtung und wirkliche Durchführung nicht allein eine innere Notwendigkeit bildet, sondern auch für Lehrer und Schüler von gröfstem Reiz ist. Daraus wurde weiter die auch schon von anderen Seiten vertretene Forderung gezogen, dafs — wie das längst in anderen Staaten, z. B. Süddeutschland, Österreich, Belgien etc. der Fall ist — im Staatsexamen vom Kandidaten der Mathematik eine Kenntnis der Elemente der darstellenden Geometrie zu verlangen sei, und dafs künftighin einem so vorbereiteten Mathematiker, wenn irgend möglich, der Unterricht im Projektionszeichnen zuzuweisen sei.

— Für das Freihandzeichnen empfahl der Vortragende zwei Wege: 1. einen nach bewährter Methode (Flinzers Lehrgang, ergänzt durch Prof. Matthaeis Vorschläge) betriebenen Unterricht in der Schule; 2. Übungen im Betrachten von Kunstwerken aller Art aufserhalb der Schule, und zwar letztere nach Art der von Prof. Lichtwark-Hamburg kürzlich veröffentichten vorzüglichen Lehrproben. — Auch mit Rücksicht auf das Freihandzeichnen stellte der Vortragende die Forderung, dafs jedem Studierenden (und zwar nicht allein dem der Mathematik), der Anlage und Neigung in sich fühle, auf der Universität die Möglichkeit geboten werden müsse, sich unter gewisser Entlastung auf anderen Gebieten die Fakultas im Zeichnen zu erwerben, und dafs diese Fakultas völlig gleichwertig zu erachten sei einer jeden andern.

II. Physik.

Die Physik trat auf der Braunschweiger Naturforscherversammlung dadurch stark in den Vordergrund, dafs eine gemeinschaftliche Sitzung der sämtlichen naturwissenschaftlichen und einiger medicinischen Abteilungen lediglich für Vorträge über die Photographie und deren Anwendungen reserviert war. In dieser Sitzung sprach

1. Herr H. W. Vogel-Berlin über den jetzigen Stand der wissenschaftlichen Photographie. Der Redner, welcher seit Jahrzehnten die Phototechnik gerade nach ihrer wissenschaftlichen Seite hin durchforscht hat, führte zunächst aus, dafs die Photographie, so gern man sie auch auf den verschiedensten Gebieten der wissenschaftlichen Forschung als Hülfsmittel benutze, doch nach ihrem eigenen wissenschaftlichen Kern bislang nicht gebührend gewürdigt werde. Trotzdem müsse die Photochemie die gleiche Wichtigkeit und deshalb in Zukunft auch die gleiche Wertschätzung beanspruchen wie die Thermochemie. Die Aufspeicherung des Kohlenstoffs in der Carbonformation war ein grossartiger photochemischer Vorgang, ebenso ist es die Bildung des Zuckers im Blatte der Rübe, die Desinfektion des Flusswassers durch das Licht, die Abtötung der Bakterien, die Zerstörung und Neubildung von Farbstoffen im Sonnenlicht. — Für die Geschichte der Photographie ist die Erfindung des Lichtcopierprozesses durch den Hallenser Arzt Joh. Heinr. Schulze (1723) von höchstem Interesse. In weitere Kreise drang Daguerres Entdeckung; diese bestand darin, dafs ein Lichteindruck von kurzer Dauer, welcher zunächst nicht sichtbar war, durch Quecksilberdämpfe „entwickelt“, d. h. sichtbar gemacht wurde. Von nun an war die Photographie unter dem Namen Daguerrotypie schon zu Portraitaufnahmen verwendbar. Nach dem Vorgange von Fox Talbot ging man zur Anwendung des lichtempfindlichen Papiers über und ermöglichte dadurch eine schnelle Vervielfältigung der Bilder. In das Jahr 1876 fiel dann die wichtige Erfindung von Bennett, durch welche die beim Photographieren auch früher schon verwendeten Gelatineplatten eine 20 mal vergröfserte Empfindlichkeit und zugleich eine gröfsere Haltbarkeit bekamen. — Weiter gab der Redner einen Überblick über die bisherigen Versuche und Erfolge bei der Photographie der Farben mit lichtempfindlichen Platten für rotes, gelbes und blaues Licht, er zeigte die bedeutenden Fortschritte, welche bei der Herstellung von Momentaufnahmen besonders durch die Anwendung des Magnesium-Blitzlichtes erreicht sind, und zum Schlufs gedachte er der unermüdlichen Fortschritte der Technik, durch welche gerade die deutschen Fabriken in der Herstellung der optischen Gläser etwas ganz Hervorragendes leisten.

2. Herr René du Bois-Reymond-Berlin über die Photographie in ihrer Beziehung zur Lehre vom Stehen und Gehen.

3. Herr Selenka-München über die Anwendung der Photographie bei Forschungsreisen. Der Vortragende brachte mit Hülfe eines grofsen Projektionsapparates ein überaus reiches Material von photographischen Aufnahmen aus Indien und Japan zur Darstellung und gab dadurch ein sehr anschauliches Bild nicht allein von der grofsartigen Flora und Fauna der beiden Länder, sondern nicht minder von den Raceneigentümlichkeiten der dortigen Völker, von ihrer Architektur, von der Einrichtung ihrer Wohnungen und von ihrem gesamten Leben und ihrer Entwicklung.

4. Herr Levy-Berlin über Abkürzung der Expositionszeit bei Aufnahmen mit Röntgen-Strahlen.

5. Herr Braun-Wien über die Anwendung des Kinematographen für das Studium und die objektive Darstellung der Herzbewegung.

6. Herr Lassar-Berlin: Demonstration dermatologischer Projektionsbilder.

7. Herr Schiff-Wien über die Einführung und Verwendung der Röntgen-Strahlen in der Dermatotherapie.

8. Herr Kohlrausch-Hannover über Serienaufnahmen für den Kinematographen.

9. Herr Rosenthal-München über Röntgenbilder.

10. Herr Scheier-Berlin über die Anwendung der Röntgenstrahlen für die Physiologie der Stimme und Sprache.

In der Abteilung für Physik und Meteorologie wurden folgende Vorträge gehalten:

Meyer-Wien: Über Atommagnetismus. — Vogel-Berlin: Beobachtungen über Farbenwahrnehmungen. — Abegg-Göttingen: Polarisation und Dielektrizitätsconstante bei tiefen Temperaturen. — Börnstein-Berlin: Elektrische Beobachtungen bei Luftfahrten unter Einflufs der Ballonladung. — Drude-Leipzig: Über einen neuen physikalischen Beitrag zur Constitutionsbestimmung. — Tuma-Wien: Ein Phasenmeter für Wechselströme. — Weber-Braunschweig: Otto v. Guerickesche Originalapparate. — Pulfrich-Jena: Über einen neuen Interferenzmefsapparat und über ein Refraktometer mit Abbeschem Doppelprisma für Unterrichtszwecke. — Wiechert-Göttingen: Ergebnisse einer Messung der Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen. — Wiedeburg-Leipzig: Die Stellung der Wärme zu den anderen Energieformen. — Franke-München: Verwandlung der Wechselströme in Gleichströme. — Grützner-Tübingen: Selbstaufzeichnung elektrischer Ströme auf elektrischem Wege. — König-Frankfurt a. M.: Phosphorescenz fester Kohlensäure. — Rosenthal-München: Einiges aus der Technik der Röntgenstrahlen. — Schütz-Nürnberg: Vorführung eines Experimentum crucis für die moderne Lehre vom Flüssigkeitsdruck. — Straubel-Jena: Bestimmung von Elasticitätszahlen. — Straubel-Jena: Einige Versuche mit Geifslerschen Röhren. — Rellstab-Braunschweig: Über elektromagnetische Resonatoren in ihren wechselseitigen Beeinflussungen.

Ferner sprach Herr Drude-Leipzig über Fernewirkungen. Das Problem eines Erklärungsversuches der Gravitation hat von jeher die Physiker in hohem Mafse beschäftigt. Gestützt auf ein reichhaltiges Quellenmaterial, entwarf der Vortragende ein anschauliches Bild von dem heutigen Stande der Frage.

Eine Fernewirkung findet statt, wenn ein Körper auf einen räumlich von ihm getrennten Körper eine Wirkung ausübt, ohne dafs eine continuierliche materielle Verbindung zwischen ihnen besteht. Im Gegensatz zu diesen Fernewirkungen stehen die vermittelten oder Nahewirkungen, und von diesen letzteren sind zwei Arten zu unterscheiden, welche Drude kurz als Druckvermittlung und Stofsvermittlung bezeichnet. Als Kriterium dafür, ob in einem gegebenen Falle Ferne- oder Nahewirkungen vorliegen, kann vorzugsweise gelten, dafs erstere sich auch im Vakuum fortpflanzen, letztere nur in der Materie.

Da reine Fernewirkungen meist als etwas für den menschlichen Verstand Unfafsbares angesehen werden, so ist das Streben der Forscher seit langem darauf gerichtet gewesen, alle Fernewirkungen auf Nahewirkungen zurückzuführen, und zwar entweder auf Grund der Druckvermittlungs-, oder der Stofsvermittlungshypothese. Verbindungsglied bei den reinen Fernewirkungen der Körper ist dann der imponderable Äther. Diesem hypothetischen Stoffe legt man dann womöglich qualitativ die gleichen Eigenschaften bei, die man direkt an der ponderablen Materie beobachtet, und deutet ihn als feinen elastischen oder flüssigen Stoff, der (bei der Druckvermittlungshypothese) continuierlich, (bei der Stofsvermittlungshypothese) discontinuierlich verteilt ist.

Nachdem der Redner auseinandergesetzt, weshalb man bei den elektrischen Erscheinungen notwendig auf Nahewirkungen geführt wird, bei der Gravitation dagegen nicht, verbreitete er sich in seinem fesselnden Vortrage nun vorzugsweise über die bisher aufgestellten Theorieen, durch welche man die Gravitation auf Nahewirkungen zurückzuführen bestrebt war.

Erklärungsversuche auf Grund der Druckvermittlungshypothese sind von einer grofsen Anzahl Autoren angedeutet worden (z. B. von Huyghens, J. Bernoulli, Euler, Guthrie, Riemann u. a.). Auf eine nähere Erörterung dieser Theorieen glaubte Redner jedoch nicht eingehen zu sollen, da viele der älteren Theorieen von Taylor, die neueren von Isenkrahe bereits einer gründlichen Kritik unterzogen sind. Keine dieser Theorieen giebt ein völlig befriedigendes vorstellbares Bild für das Zustandekommen der Gravitation.

Redner kommt dann ausführlicher auf die Erklärungsversuche durch die Stofsvermittlungshypothese zu sprechen, welche von Le Sage begründet wurde. Le Sage geht von der Annahme von Ätherströmen aus, die in allen Richtungen erfolgen, die materiellen Körper treffen, denselben einen Stofseffekt erteilen und mit verminderter Geschwindigkeit weitergehen. Da ein isolierter Körper dem Anprall allseitig ausgesetzt ist, so neutralisieren die Wirkungen einander, und der Körper bleibt in Ruhe. Zwei materielle Körper indessen schirmen sich gegenseitig mit ihren einander zugewandten Oberflächen, müssen daher gegeneinander getrieben werden mit einer Kraft, welche dem Quadrate des Abstandes der Körper umgekehrt proportional ist. Um die Proportionalität der Kraft mit den Massen der Körper zu erklären, wird angenommen, dafs die ponderablen Körper aus sehr kleinen Molekülen mit relativ sehr grofsen Zwischenräumen bestehen, deren Ausdehnung im Vergleich zu der Gröfse der stofsenden Ätherteile sehr erheblich ist. Die ponderabeln Moleküle der Körper denkt man sich durch feste Stäbchen mit einander verbunden (Kastenatome). Zur Beseitigung der dieser

Hypothese anhaftenden Mängel, sowie zum weitern Ausbau der Stofsvermittlungshypothese haben wesentlich beigetragen W. Thomson, Maxwell, Preston, Isenkrahe u. a.; in Zusammenfassung aller dieser Ergebnisse kommt Redner zu dem Schlufs, dafs die Stofsvermittlungshypothesen wohl allein imstande sind, anschauliche Bilder zu liefern. Die Erwartungen indessen, dafs diese Theorieen zur Auffindung neuer experimenteller Ergebnisse führen, seien nicht in Erfüllung gegangen. Auch stofse man bei der strengen Durchführung bei allen Stofswirkungstheorieen auf die Schwierigkeit, dafs die Gravitation zwischen zwei Körpern durch die Anwesenheit anderer Körper beeinflufst erscheint. Eine einfachere Auffassungsweise der Naturerscheinungen werde aufserdem durch die Zurückführung der Gravitation auf Nahewirkungen schon aus dem Grunde nicht erzielt, weil der die Gravitationserscheinungen veranlassende Äther mit dem Lichtäther nicht als identisch anzusehen sei. Trotz dieses vorläufig nicht voll befriedigenden Gesamtergebnisses hofft Redner jedoch, dazu Anregung gegeben zu haben, das Problem der Gravitation weiter zu verfolgen. Er hofft, dafs, wenn erst aufser der Fähigkeit der Lichtfortpflanzungsgeschwindigkeit andere Eigenschaften des Vakuums entdeckt sind, die sogenannte Gravitationsconstante mit andern Erscheinungen oder Thatsachen in numerische Beziehung gebracht werden kann, dafs dann ferner auch die Möglichkeit gegeben ist, ein wirklich absolutes Mafssystem zu schaffen, welches auf den universellen Eigenschaften, auf denen des Athers, basiert. (Man vergl. hierzu das Referat des Vortragenden in *Wied. Ann. 1897 Heft 9, Beilage.*)

In einer gemeinsamen Sitzung mit der Abteilung für Instrumentenkunde sprach Herr C. Linde-München über Verflüssigung der Luft unter Vorführung eines Laboratoriumsapparates. Obwohl die Verflüssigung der Luft bereits seit 2 Jahren als eine bekannte Thatsache bezeichnet werden darf, ist der von Herrn Linde vorgeführte kleinere Verflüssigungsapparat erst neuerdings construiert worden und bislang erst einmal auf dem Congrefs der deutschen elektrochemischen Gesellschaft zur Demonstration gelangt. Die Luft steigt zunächst in einem Kühler empor und wird dort getrocknet, indem das Wasser sich als Eis an den Wänden abscheidet; alsdann tritt die Luft in den Gegenstromapparat ein, in welchem sich 2 Spiralrohre, ein äufseres und ein inneres, nebeneinander emporwinden. In das innere Spiralrohr wird die Luft mit einem Druck von 200 Atmosphären von oben her hineingeprefst, alsdann tritt sie in das äufsere Spiralrohr ein und steigt dort wieder empor. Hier steht sie nur unter einem Druck von 16 Atmosphären, so dafs sie sich also stark ausdehnen und dabei die Temperatur — auch des inneren Spiralrohrs — erheblich herabmindern mufs. (Man vergl. auch d. Zeitschr. *IX 243.*) Auf diese Weise wird nach kurzer Zeit die Verflüssigungstemperatur von -191° erreicht, welche mit Hülfe eines Thermoelements sofort abzulesen ist. Die gewonnene flüssige Luft wurde herumgereicht, sie erschien als eine weifsliche, opalisierende Masse, da sie durch geringe Mengen von fester Kohlensäure getrübt war. Deshalb wurde sie durch Papier filtriert, wobei sie als eine ganz klare wasserhelle Flüssigkeit, fortwährend in heftigem Sieden begriffen, vom Filter herablief. Ein schwach glimmender Holzspan, über einen Teller mit flüssiger Luft gehalten, brannte sofort mit hellleuchtender Flamme empor.

III. Chemie.

In der ersten allgemeinen Sitzung hielt Herr Richard Meyer-Braunschweig einen Vortrag über chemische Forschung und chemische Technik in ihren Wechselbeziehungen. Am 11. März 1890 veranstaltete die deutsche chemische Gesellschaft in Berlin eine Kekulé-Feier zum 25-jährigen Jubiläum der Benzoltheorie. Wenn es schon an sich auffällig erscheinen mufste, dafs einer wissenschaftlichen Theorie die Ehre einer Gedenkfeier zu Teil wurde, so war es noch um so merkwürdiger, dafs gerade aus den Kreisen der chemischen Grofs-Industriellen die Anregung zu dieser Feier hervorging, und dafs von ihrer Seite auch die Hauptbeteiligung stattfand. Die chemischen Industriellen zeigten bei dieser Gelegenheit, wie sehr sie von der Überzeugung durchdrungen sind, dafs die ganze organisch-chemische Technik und speziell die Farbentechnik auf rein wissenschaftlicher Grundlage beruhe. Erst nachdem man die Struktur des Benzols erkannt hatte, war die künstliche Darstellung des Alizarins, der vielen Azofarbstoffe, der Eosine, Safranine etc. überhaupt möglich. Die Jahresproduktion Deutschlands an Benzolderivaten, welche sämtlich aus dem Steinkohlentheer gewonnen werden, betrug bereits im Jahre 1890 etwa 63 Millionen Mark. Wenn nun die chemische Industrie gegenüber der wissenschaftlichen Forschung zunächst als die nehmende Hand bezeichnet werden mufste, so ist sie doch auch gerade in der neuesten Zeit immer mehr zu einer gebenden Hand geworden. Alle grofsen Farbwerke Deutschlands unterhalten wissenschaftliche Laboratorien, deren Einrichtung denen der Universitäten und Akademieen kaum nachsteht; werden doch in einem Falle sogar über hundert wissenschaftlich arbeitende Chemiker beschäftigt! Was diese im Dienste der Technik stehenden wissenschaftlichen Forscher entdecken und erfinden, war früher Fabrik-

geheimnis, aber seit der Einführung des Patentgesetzes vom Jahre 1877 mufs es veröffentlicht werden und kommt dadurch der gesamten chemischen Forschung zugute. Die Zahl der unter der Gültigkeit des neuen Patentgesetzes im deutschen Reiche auf organisch-chemische Erfindungen verliehenen Patente beträgt bereits etwa 3000. — Weiter hat die chemische Technik der Wissenschaft bestimmte Probleme gestellt, denn es war natürlich, dafs sich die chemische Forschung mit Vorliebe auf die Constitution solcher Verbindungen richtete, welche als Produkte der chemischen Technik eine hervorragende Bedeutung erlangt hatten, wie z. B. das Fuchsin und die Induline. Ähnlich war es mit der Frage, welche Atomcomplexe bei den Hunderten von Farbstoffen als die eigentlichen Träger von bestimmten Farben anzusehen sind und demnach als die „Chromophore" bezeichnet werden müssen. — Gerade in der neuesten Zeit hat die Darstellung der Heilmittel und Antiseptica für die chemische Industrie eine grofse Bedeutung erlangt, und die chemische Technik begnügt sich nicht mehr damit, die Carbol- und Salicylsäure, das Antipyrin, das Chloral etc. herzustellen, sondern auch über das physiologische Verhalten der Medikamente wird in den Laboratorien der Fabriken mit nicht geringerem Eifer gearbeitet als in den klinischen und pharmakologischen Instituten. Ist doch sogar der Tierversuch ein wichtiges Hülfsmittel der chemischen Technik geworden! Eine Farbenfabrik, welche sich die Herstellung des Kochschen Tuberkulins und des Behringschen Diphtherie-Heilserums zur Aufgabe macht, bedarf eines grofsen Bestandes von Pferden, um diese zu immunisieren und dann in ihrem Körper das heilkräftige Serum zu gewinnen. Auch die photographische Technik, die Zuckerindustrie und die Gärungsgewerbe haben den Schatz der Wissenschaft durch manchen wertvollen Beitrag bereichert; z. B. ist die genaue physiologische Kenntnis der Gattung Saccharomyces zum grofsen Teil den gärungstechnischen Laboratorien zu verdanken. Die junge Elektrochemie hat bislang hauptsächlich auf theoretischem Gebiete glänzende Erfolge aufzuweisen; dafs sie auch auf dem Gebiete der chemischen Technik grofsartige Umwälzungen herbeiführen wird, ist für die Zukunft mit voller Wahrscheinlichkeit zu erwarten. — Die hervorragende Stellung, welche sich die chemische Technik Deutschlands errungen hat, verdanken wir zum nicht geringen Teil der Ausbildung, welche der junge Chemiker im Sinne Liebigs auf den deutschen Hochschulen geniefst. Diese Ausbildung gipfelt darin, dafs Jeder, bevor er in das praktische Leben hinaustritt, eine selbständige wissenschaftliche Arbeit zu liefern hat. Dadurch wird der angehende Chemiker mit dem Geiste der wissenschaftlichen Forschung durchdrungen, und die Hunderte, welchen die Industrie eine Lebensstellung bietet, befruchten die Technik mit dem Hauche ihres wissenschaftlichen Geistes und bleiben andererseits selbst dabei stets die Hülfskräfte der wissenschaftlichen Forschung.

Die Abteilung für Chemie hatte einen schweren Verlust erlitten durch den kürzlich erfolgten jähen Tod des berühmten Heidelberger Chemikers Viktor Meyer. A. von Baeyer-München gab der Trauer der Versammlung in warmen Worten Ausdruck. Die von dem Verstorbenen angekündigten Vorträge wurden nach den hinterlassenen Manuskripten von dessen Bruder Richard Meyer-Braunschweig gehalten. In den Sitzungen der Abteilung wurden folgende Vorträge erledigt: Holtz-Berlin: Bericht über das Hofmannhaus. Bredt-Bonn: Referat über die Constitution des Laurineen-Camphers. Tiemann-Berlin: Referat über die Constitution des Laurineen-Camphers. Richard Meyer-Braunschweig: Über einige Beziehungen zwischen Fluorescenz und chemischer Constitution. Viktor (Richard) Meyer: Weitere Beobachtungen über die Entwicklung von Sauerstoffgas bei Reduktionen. Gattermann-Heidelberg: Über den Ersatz der Diazogruppe durch den Sulfinsäurerest. Gattermann-Heidelberg: Neue Synthesen aromatischer Aldehyde. Knorr-Jena: Über Tautomerie. Ladenburg-Breslau: Über asymmetrischen Stickstoff. Viktor (Richard) Meyer: Bericht über die mir auf der vorjährigen Versammlung in Frankfurt a. M. übertragenen Versuche betreffend die Umlagerung der Buttersäure in Isobuttersäure. Freund-Frankfurt a. M.: Constitution des Thebaïns. Jacobson-Berlin: Über Produkte der Einwirkung von alkoholischer Salzsäure auf Azokörper. Kehrmann-Genf: Über tautomere Azoniumbasen. Küster-Göttingen: Über die quantitative Trennung von Chlor, Brom und Jod. Küster-Tübingen: Spaltungsprodukte des Hämatins. Löb-Aachen: Elektrolytische Reduktionen und Condensationen an der Nitrogruppe. Marckwald-Berlin: Stereochemische Fragen. Salomon-Essen: Über ein neues periodisches System der Elemente. Wroblewski-Zürich: Über Proteïnstoffe.

Bezüglich des Inhaltes dieser Vorträge mufs auf den von der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte herausgegebenen, erst später erscheinenden ausführlichen Bericht verwiesen werden.

IV. Ausstellung.

Für die Teilnehmer an der Naturforscherversammlung war eine Ausstellung wissenschaftlicher Objekte und Apparate veranstaltet, welche an vortrefflichen Mikroskopen, photographischen Apparaten, Photographieen, chirurgischen und bakteriologischen Instrumenten etc. eine solche Fülle darbot, dafs

eine Beschreibung der Ausstellungsgegenstände im einzelnen zu weit führen würde. Hervorzuheben ist, dafs die Apparate zur Röntgen-Photographie die Aufmerksamkeit in ganz besonderem Mafse auf sich lenkten. Die Firma Max Kohl in Chemnitz führte ausgezeichnete Röntgensche Röhren in Verbindung mit einem kräftigen Funkeninduktor vor und erreichte dadurch eine so vollkommene Durchleuchtung der menschlichen Hand und des Armes, dafs jeder Besucher der Ausstellung dadurch aufs höchste überrascht war. Die mit dem ausgestellten Apparat aufgenommenen sehr scharfen Photographieen hatten die folgenden Expositionszeiten erfordert: Hand 7 Sekunden, Arm $^3/_4$ Minuten und Rumpf $2^1/_2$ Minuten. Auch Siemens & Halske in Berlin waren auf demselben Gebiete gut vertreten, ebenso Reiniger, Gebbert & Schall in Erlangen, welche in einem dunklen Zimmer ein vollständiges Röntgen-Kabinet eingerichtet hatten. Louis Müller-Unkel in Braunschweig hatte sehr sauber gearbeitete Röntgensche Röhren mit mannigfachem Inhalt ausgestellt, z. B. Metallblumen, mit phosphorescierender Substanz bedeckt, sodafs die Blumen in den Kathodenstrahlen mit natürlichen Farben zu leuchten scheinen. Einen weiteren Glanzpunkt der Ausstellung bildete der von Max Kohl ausgestellte Demonstrationsapparat für Marconis Telegraphie ohne Draht. Der Righische Wellenerreger war so construiert, dafs man die elektrischen Funken, welche die Wellen hervorbringen, zwischen zwei Metallspitzen in Vaselinöl überspringen sehen konnte, während gleichzeitig das Aufschlagen des Hammers auf der Empfangsstation hörbar wurde. — Die chemischen Unterrichtsmittel waren auf der Ausstellung nicht stark vertreten, besondere Beachtung fand eine Sammlung sehr schöner künstlicher Krystalle von C. Goldbach in Schiltigheim (Strafsburg i. E.).

Wilhelm Levin (Braunschweig).

Mitteilungen aus Werkstätten.

Schulgalvanometer mit beweglicher Spule[1]).

Von Hartmann und Braun in Bockenheim-Frankfurt a. M.

In neuerer Zeit werden Galvanometer mit beweglicher Spule in einem kräftigen magnetischen Felde — zuerst von Thomson für den Syphon-Recorder zur Kabeltelegraphie angewendet, dann von Deprez und d'Arsonval als Spiegelgalvanometer construiert, — sowohl für wissenschaftliche als auch für technische Messungen bevorzugt, weil sie ohne Rücksicht auf den magnetischen Meridian aufgestellt werden können und von benachbarten Feldern kaum beeinflufst sind. Das auf diesem Prinzip beruhende Schulgalvanometer von Hartmann u. Braun ist wie die andern Schulinstrumente der Firma so construiert, dafs die wirksamen Theile bequem übersehen werden können; die letzteren bestehen im wesentlichen aus einem oder mehreren Hufeisenmagneten, in gemeinschaftlichen, einen Hohlcylinder bildenden Polschuhen conzentrisch in dem Hohlraum sitzt ein Weicheisen-Vollcylinder von kleinerem Durchmesser und in dem dadurch entstehenden Interferrikum schwingt in Spitzen gelagert die rechteckige Spule, welcher der Strom durch zwei Spiralen, die gleichzeitig als Gegenkraft wirken, zugeführt wird. Eisenkern und Spule können zur Besichtigung herausgenommen werden. Das Instrument ist als Vertikalgalvanometer ausgeführt und kann in dreierlei Weise benutzt werden:



$\frac{1}{6}$ nat. Gr.

1. Als gewöhnliches Galvanometer vorzugsweise für Widerstandsmessungen sowohl mit der Wheatstonischen Brücke (Nullmethode), als insbesondere wegen der vollständigen Proportionalität der Ausschläge, auch nach der Methode des direkten Ausschlages. Empfindlichkeit: 1 Skalenteil Ausschlag = 0,005 Amp. Anschlufs an den mit „Galv." bezeichneten Klemmen, welche direkt zur beweglichen Spule führen.

[1]) Anm. der Red. Auf dem in Frankfurt a. M. vom 22. April bis 5. Mai d. J. abgehaltenen naturwissenschaftlichen Ferienkurse waren die elektrotechnischen Schulapparate der Firma Hartmann u. Braun (vergl. Jahrg. VIII pg. 325—27) ausgestellt. Herr Ingenieur Hartmann hatte für den Kursus noch ein besonderes Instrument konstruiert, dessen Beschreibung auf unsere Veranlassung oben mitgeteilt ist.

2. Als Ampèremeter, wobei die Spule in den Nebenschlufs zu einem kleinen, aus gewelltem Constantanblech hergestellten Widerstand mittels beweglicher Kabelchen gelegt wird. Anschlufs an den mit „Amp". bezeichneten Klemmen. Mefsbereich bis 10 Amp., wobei also jedes Skalenintervall 1 Amp. entspricht. (Um die Angaben einigermafsen unabhängig von der Temperatur zu machen, ist der Kupferwickelung der Spule ein Constantanwiderstand vorgeschaltet.)

3. Als Voltmeter. Hierbei ist der beweglichen Spule ein so grofser induktionsfreier Constantanwiderstand vorgeschaltet, dafs der Maximalausschlag nach beiden Seiten 50 Volt, jeder einzelne Skalenteil also 5 Volt entspricht. Anschlufs an den mit „Volt." bezeichneten Klemmen.

Gegenüber den mit Weicheisenkern versehenen Ampère- und Voltmetern hat das Galvanometer noch den Vorzug, dafs es nicht nur Strom und Spannung, sondern auch die Stromrichtung anzeigt und dafs die Bewegungen des Zeigers gut gedämpft sind; allerdings ist es im Gegensatz zu den ersteren nur für Gleichstrom verwendbar. Der Preis beträgt 90 M.; das Instrument steht unter Gebrauchsmusterschutz.

Demonstrationsapparate für Marconische Telegraphie ohne Draht. (Vgl. d. Heft S. 314.) Die Firma Max Kohl (Chemnitz i. S.) fertigt den „Sender" in zwei verschiedenen Gröfsen an; die grofsen Kugeln des Righischen Radiators haben bei der einen Ausführung 60 mm, bei der andern 80 mm Durchmesser, zum Betrieb ist ein Funkeninduktor von mindestens 10 cm Funkenlänge erforderlich. Der „Empfänger" besteht aus dem Cohärer, einem empfindlichen polarisierten Relais, einem Element und einem Ausschalter, die in einen Stromkreis geschaltet sind, ferner aus einem elektrischen Klopfer, drei Elementen und einem Ausschalter, die einem zweiten Stromkreis angehören. Jede Station befindet sich in verschliefsbarem Transportkasten. Der Preis beträgt je nach der Gröfse des Senders 200 M oder 260 M; aufserdem für eine elektrische Glocke 4,50 M, für einen Morseapparat ohne Relais 75 M, mit Relais 160 M.

Die mechanische Werkstätte von Ferdinand Ernecke in Berlin hat eine sinnreiche von Dr. Spies angegebene Verbesserung angebracht, indem der ganze Lokalstromkreis des Empfängers unter Ruhestrom gesetzt ist. Dadurch sind die complizierenden Nebenschlüsse vermieden, die bei Marconis Apparat zur Beseitigung der von den Unterbrechungsfunken herrührenden Nebenwirkungen nötig sind. Das Relais ist so eingerichtet, dafs es beim Erregtwerden des Cohärers einen bisher geschlossenen Strom unterbricht; demgemäfs wird das Zeichen des Morseapparates bei Unterbrechung des Stromes, also beim Zurückschnellen des Ankerhebels erzeugt. Mit dem Apparat sind Versuche auf Entfernungen von 80 bis 100 m angestellt worden. Der Preis für den Sender und die Empfangsstation mit Cohärer, Rasselwerk, Relais, Demonstrations-Morseapparat, Stöpselcontakt und 4 Trockenelementen beträgt 260 M.

Eine für Schulzwecke bestimmte Zusammenstellung von Apparaten liefern Keiser & Schmidt in Berlin nach Angabe von Prof. Dr. Szymanski: einen Oscillator (Sender) mit verstellbaren grofsen Metallkugeln auf Stativ für 12 M; eine Marconische Röhre mit Läutewerk und Rüttelvorrichtung, auf Holzgestell montiert, für 36 M; ein Relais zur Einschaltung des Läutewerks für 20 M, einen Contaktschlüssel zum Einschalten des Induktors für 5 M, 3 Elemente Leclanché-Berbier (1 für das Relais, 2 für das Läutewerk) für 7,50 M. Zum Betrieb genügt ein Induktor von 2 cm Funkenlänge mit Deprez-Unterbrecher (60 M.).

Correspondenz.

Schülerübungen. Zum Zwecke einer Übersicht über den Umfang, in dem bereits jetzt Schülerübungen eingerichtet sind, bittet der Herausgeber der Zeitschr., ihm bis zum Ende des Jahres freundlichst nähere Mitteilung zu machen über das (dauernde oder zeitweilige) Bestehen solcher Übungen, sowie über die darauf verwendete Zeit, die Zahl der Schüler und die Art der Übungen.

Himmelserscheinungen im Dezember 1897 und Januar 1898.

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

Monat	Tag	h	m	Erscheinung
Dezember	8	0		Mond in Erdferne
	8	17	54	Vollmond
	16	17	22	Letztes Viertel
	22	16		Mond in Erdnähe
	23	8	55	Neumond
	30	8	27	Erstes Viertel
Januar	4	5		Mond in Erdferne
	7	13	24	Vollmond mit Mondfinsternis
	15	4	44	Letztes Viertel
	20	2		Mond in Erdnähe
	21	20	25	Neumond mit Sonnenfinsternis
	29	8	33	Erstes Viertel
	31	22		Mond in Erdferne

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ⊙ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

Monatstag	Dezember 1	6	11	16	21	26	31	Januar 5	10	15	20	25	30	
Heliocentrische Längen.	292°	308	326	346	10	37	68	99	129	154	176	195	212	☿
	206	214	222	230	238	246	254	262	270	278	285	293	301	♀
	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	126	131	♁
	245	247	250	253	256	258	261	264	267	270	273	275	278	♂
	177	177	178	178	178	179	179	179	180	180	180	181	181	♃
	244	244	244	244	244	244	244	245	245	245	245	245	245	♄
Aufst. Knoten.	299	299	299	299	298	298	298	298	297	297	297	297	296	☾
Mittl. Länge.	336	42	108	174	239	305	11	77	143	209	275	341	46	☾
Geocentrische Rektascensionen.	343	41	106	166	233	313	14	76	140	200	276	341	59	☾
	262	270	278	286	292	295	295	289	282	278	279	282	287	☿
	229	236	242	249	255	262	269	276	283	289	296	303	309	♀
	248	253	259	264	270	275	281	286	292	297	303	308	313	⊙
	245	249	253	256	260	265	269	273	277	281	285	289	293	♂
	186	187	187	188	188	189	189	189	190	190	190	190	190	♃
	242	243	244	244	245	245	246	247	247	248	248	248	249	♄
Geocentrische Deklinationen.	— 3	+ 21	+ 24	+ 2	— 24	— 16	+ 12	+ 26	+ 14	— 14	— 25	— 1	+ 25	☾
	— 25	— 26	— 26	— 25	— 23	— 22	— 20	— 20	— 20	— 20	— 21	— 21	— 22	☿
	— 17	— 19	— 20	— 21	— 22	— 23	— 23	— 24	— 23	— 23	— 22	— 21	— 20	♀
	— 22	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 22	— 21	— 20	— 19	— 18	⊙
	— 22	— 22	— 23	— 23	— 24	— 24	— 24	— 24	— 24	— 24	— 24	— 23	— 23	♂
	— 1	— 2	— 2	— 2	— 2	— 2	— 3	— 3	— 3	— 3	— 3	— 3	— 3	♃
	— 19	— 19	— 19	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	♄
Aufgang.	$19^h 52^m$	19.59	20.4	20.9	20.12	20.13	20.14	20.12	20.9	20.5	20.0	19.53	19.46	⊙
	$0^h 30^m$	1.45	5.37	11.49	18.57	22.21	23.31	1.29	7.7	13.39	19.31	21.7	22.45	☾
Untergang.	$3^h 47^m$	3.45	3.44	3.44	3.46	3.49	3.53	3.59	4.6	4.14	4.22	4.31	4.41	⊙
	$12^h 31^m$	18.32	22.24	23.42	1.9	7.28	13.58	19.19	21.23	22.38	1.54	9.6	15.16	☾
Zeitglchg.	$-10^m 38^s$	— 8.37	— 6.23	— 3.59	— 1.30	+ 1.0	+ 3.26	+ 5.44	+ 7.51	+ 9.43	+ 11.19	+ 12.36	+ 13.34	⊙

Aufgang der Planeten.	Dez. 16	☿ $21^h 45^m$	♀ 18.52	♂ 19.35	♃ 13.5	♄ 18.18	Alles Ortszeit für $52^1/_2{}^0$ nördl. Breite.
	Jan. 16	18. 39	19.46	19.18	11.9	16.38	
Untergang der Planeten.	Dez. 16	4. 58	2.55	3.12	0.46	2.51	
	Jan. 16	2. 59	3.32	2.48	22.45	0.57	

Constellationen. Dezember 9 9^h ♀ ☌ β Scorpii, ♀ $0^0 7'$ südlicher; 12 9^h ♀ ☌ ♄, ♀ $0^0 56'$ südlicher; 17 20^h ♃ ☌ ☾; 20 10^h ☿ in gröfster östlicher Ausweichung; 21 2^h ⊙ im Steinbock, Winter-Sonnenwende; 21 17^h ♄ ☌ ☾; 22 11^h ♀ ☌ ☾; 22 18^h ♂ ☌ ☾; 24 18^h ☿ ☌ ☾; 30 6^h ♃ □ ⊙; 30 12^h ♀ ☌ ♂, ♀ $0^0 40'$ nördlicher. — Januar 1 7^h ☿ im Perihel; 2 2^h ♁ im Perihel; 3 10—11^h ☾ bedeckt die Plejaden; 6 5^h ☿ untere ☌ ⊙, wird Morgenstern; 7 $11^h 57^m$ Beginn, $12^h 45^m$ Mitte, $13^h 32^m$ Ende der partialen Mondfinsternis von 0,157 des ☾-Durchmessers; 14 6^h ♃ ☌ ☾; 18 8^h ♄ ☌ ☾; 20 5^h ☿ ☌ ☾; 20 15^h ♂ ☌ ☾; 21 10^h ♀ ☌ ☾; 21 sichtbare Sonnenfinsternis, im mittleren Deutschland vor Sonnenaufgang beginnend und schon $^1/_4{}^h$ nach Sonnenaufgang endend; 24 16^h ♃ stationär; 29 5^h ☿ in gröfster westlicher Ausweichung. — Alles nach M.E.Z.

Jupitermonde. Dezember: 5 $18^h 41^m$ I. E; 14 $15^h 2^m$ I. E; 19 $14^h 6^m$ II. E; 21 $16^h 55^m$ I. E; 26 $16^h 41^m$ II. E; 28 $18^h 48^m$ I. E; 30 $13^h 17^m$ I. E. — Januar: 2 $19^h 16^m$ II. E; 6 $15^h 10^m$ I. E; 7 $15^h 14^m$ III. E; 7 $18^h 3^m$ III. A; 13 $16^h 3^m$ I. E; 14 $19^h 12^m$ III. E; 20 $13^h 45^m$ II. E; 20 $18^h 56^m$ I. E; 22 $13^h 24^m$ I. E; 26 $15^h 55^m$ IV. E; 26 $17^h 26^m$ IV. A; 27 $16^h 20^m$ II. E; 29 $15^h 17^m$ I. E. — In den vorstehenden Angaben über die bei uns sichtbaren Verfinsterungen bedeuten die römischen Zahlen die vier grofsen Satelliten, und zwar I. den nächsten, IV. den entferntesten. Ferner bedeutet E den Eintritt in den Schatten, A den Austritt aus demselben. — Mitteleurop. Zeit.

Veränderliche Sterne. 1. Algols-Minima treten ein: Dez. 2 16^h M.E.Z., 5 13^h, 8 9^h, 11 6^h, 22 17^h, 25 14^h, 28 11^h, 31 8^h; Jan. 3 5^h, 14 16^h, 17 13^h, 20 10^h, 23 7^h. — *Mira Ceti*, deren Lichtwechsel sich neuerdings als recht unregelmäfsig herausgestellt hat, ist voraussichtlich hell und verlangt sorgfältige Beobachtung. — Die langen Nächte gestatten von den einzelnen Veränderlichen, zumal den circumpolaren, mehrere Beobachtungen in einer Nacht zu machen.

Das **Zodiakallicht** ist an den mondfreien Abenden gegen 7^h in W. aufzufinden.

J. Plafsmann, Warendorf.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Namen-Verzeichnis.

Bei Original-Beiträgen sind die Namen der Verfasser gesperrt gedruckt.

Sach-Verzeichnis.

Bei Original-Beiträgen sind die Namen der Verfasser gesperrt gedruckt.